This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received Sept. 1897.
Accessions No. 67452. Class No.
BIOLOGY
LIBRARY
G

ÜBER

ORGANBILDUNG IM PFLANZENREICH.

PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

WACHSTHUMSURSACHEN UND LEBENSEINHEITEN

VON

DR. HERMANN VÖCHTING,

A. O. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN.

ERSTER THEIL.

MIT 2 TAFELN UND 15 HOLZSCHNITTEN.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

BONN

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN (FR COHEN).

1878.

QK731
V6

BIOLOGY
LIBRARY
G

6
87452

Uebersetzungsrechte vorbehalten.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

SEINEM FREUNDE

HERRN W. PFEFFER

ZUR

ERINNERUNG AN DIE GEMEINSAM VERLEBTEN JAHRE

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleichet der andern;
Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz.

Goethe.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Vorwurf der Untersuchung.

Bei meinen anatomischen Untersuchungen über die Cacteen-Gruppe der Rhipsalideen drängten sich mir verschiedene physiologische Probleme auf. Das eine derselben bestand darin, durch Versuche festzustellen, durch welche Ursachen die Stellung der Luftwurzeln an den Sprossen von Lepismium radicans bedingt wird. Eine vergleichende Betrachtung legte die Vermuthung nahe, dass hierbei das Licht den wesentlichsten Factor abgebe.

Von Neigung getrieben, hegte ich schon lange die Absicht, mich der physiologischen Seite unserer Wissenschaft zuzuwenden. Im Frühjahr 1874 beschloss ich, mit der Bearbeitung des erwähnten Gegenstandes einen ersten Versuch zu machen, und gab daher dem Problem die erweiterte Fassung, nachzuweisen, ob und inwieweit äussere Kräfte einen Einfluss auf die Anlegung von Adventivbildungen haben.

Von dieser Fragestellung ausgehend, stellte ich einige einleitende Versuche an, und fand gleich bei den ersten derselben den eigenthümlichen inneren Gegensatz auf, welcher bezüglich ihrer Producte zwischen der morphologischen Spitze und Basis eines Sprosses besteht. Diese Thatsache führte zur Erweiterung des Problems nach zwei Seiten hin. Erstens ergab sich die Nothwendigkeit, ausser den Adventivbildungen auch die Ausbildung vorhandener, aber ruhender Anlagen in die Untersuchung zu ziehen, und das Verhältniss der letzteren zu wirklichen Neubildungen festzustellen. Zweitens musste die Summe der in Betracht zu ziehenden Ursachen erweitert, es mussten neben den äusseren auch die inneren Kräfte in's Auge gefasst werden. Dadurch erhielt das Problem nunmehr die folgende Gestalt:

Durch welche Kräfte, innere sowohl wie äussere, wird der Ort der wichtigsten Neubildungen, der

Wurzeln und Sprosse, an gegebenen Pflanzentheilen bestimmt? — Und wie wirken dieselben Kräfte auf die Ausbildung schon vorhandener, aber ruhender Anlagen der genannten Bildungen?

Eine nähere Ueberlegung ergiebt, dass das Problem in dieser Form einen der möglichen, und zwar wohl den nächstliegenden, Weg bedeutet, um den Ursachen beizukommen, welche die Gestalt des Pflanzenkörpers bedingen.

Mit der Behandlung dieses Problems habe ich mich nun in den verflossenen vier Jahren ziemlich ununterbrochen beschäftigt. Nachdem die hauptsächlichsten inneren Beziehungen am Zweige festgestellt waren, ging ich zur Wurzel, und von dieser zum Blatt über. Nebenher lief beständig die Untersuchung des Einflusses äusserer Kräfte auf das Verhalten der genannten isolirten Pflanzentheile.[1])

Von der Betrachtung der getrennten Theile wendete ich mich zu der der ganzen Pflanze. Durch eine Anzahl geeigneter Experimente und durch directe Beobachtung wurde festgestellt, dass *mutatis mutandis* für die ganze Pflanze oder, was dasselbe ist, für deren Theile im Zusammenhang dieselben Gesetze gelten, welche für die getrennten Theile gefunden wurden. Nur ist das Verhältniss an der Totalität wegen der Verschiedenheit ihrer Bildungen ein ungleich verwickelteres. — Von besonderer Bedeutung wurden für diesen Abschnitt der Untersuchung die Erfahrungssätze, welche sich in der Praxis der Obstbaumzucht seit Jahrhunderten gesammelt haben. Ein eingehendes Studium der betreffenden Fachliteratur lieferte das reichhaltigste, die eigne Untersuchung ergänzende Material. Umgekehrt erhielten jene Erfahrungssätze nunmehr die ihnen so gut wie vollständig fehlende theoretische Grundlage.

Nach zwei Seiten hin bot die Untersuchung mannigfache Anknüpfungspunkte. Zunächst führte sie auf das oft behandelte Problem der pflanzlichen Individualität. Die Ansätze zu einer physiologischen Fassung derselben finden sich sowohl in der

[1]) Die erste Mittheilung über meine Untersuchungen gab ich in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn, allgemeine Sitzung vom 3. Januar 1876; die zweite in der allgem. Sitzung vom 3. Juli 1876. Ein ausführlicheres Referat erfolgte im „Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. Herausgegeben von E. Pflüger" Bd. XV, 1877. S. 153 ff.

älteren wie in der neueren Literatur, allein eine experimentelle Behandlung hat dieser Gegenstand bisher nicht erfahren. Gerade diese brachte unsere Untersuchung nothwendiger Weise mit sich. — Die rein historische Arbeit über die pflanzliche Individualität, welche ich nebenher unternommen habe, werde ich bei anderer Gelegenheit mittheilen.

Der zweite Gegenstand, mit dem sich wiederholt Berührungspunkte darboten, war die ältere Lehre von der Bewegung der Säfte, specieller der plastischen Stoffe. Der Umstand, dass die bezüglich der letzteren gezogenen Schlüsse in früherer Zeit sich fast ausschliesslich auf die Entwickelung von Neubildungen irgend welcher Art gründeten, erklärt es, dass im Nachfolgenden eine Reihe von Erscheinungen behandelt wird, welche, freilich zum grösseren Theile in sehr ungenügender Art, schon seit Jahrhunderten bekannt sind. Es war mein Bemühen, alle in der fraglichen Richtung vorhandenen Angaben zu sammeln, und die ihnen zu Grunde liegenden Beobachtungen auf ihre ursächlichen Momente zurückzuführen. — Um jedoch jedem etwa möglichen Missverständniss vorzubeugen, sei zum Ueberfluss bemerkt, dass es sich in der vorliegenden Arbeit nicht um Säftebewegung, sondern lediglich um die Ursachen bestimmter Bewegungsformen insofern handelt, als die letzteren ja nothwendig mit der Entwickelung von Neubildungen im Zusammenhang stehen.

Es war ursprünglich meine Absicht, die sämmtlichen Untersuchungen als ein Ganzes zu veröffentlichen, allein die allmälig eingetretene Häufung des Materials hat eine Theilung der Arbeit erspriesslich erscheinen lassen. Der erste Theil, den ich hiermit vorlege, umfasst die sämmtlichen Untersuchungen über die Wirkung innerer und äusserer Kräfte auf die Organbildung an isolirten Pflanzentheilen, dem Zweig, der Wurzel und dem Blatt. Darauf erfolgt die Besprechung einiger naheliegender Gegenstände, und am Schluss endlich die Erörterung einiger Folgerungen für die allgemeine Zellentheorie, welche sich aus der Untersuchung ergeben haben. Verbunden damit ist eine kurze Discussion der physiologischen Individualität. — Der zweite Theil behandelt den Einfluss der im ersten erörterten Kraftformen auf die Gestaltung des Pflanzenkörpers in seiner Totalität, von der Keimpflanze an bis zum complexen Stock, besonders dem Baum; das Spitzenwachsthum und seine Beziehungen zum Geotropismus

wird einer allgemeinen und vergleichenden Untersuchung unterworfen. Den Schluss bildet eine kurze Geschichte der Arbeiten und Anschauungen über Säftebewegung im Pflanzenkörper, soweit dieselbe nicht schon von *Sachs* in seiner Geschichte der Botanik behandelt ist. Dieser zweite Theil ist der Hauptsache nach ebenfalls fertig, und ich gedenke denselben in nicht ferner Zeit nachfolgen zu lassen. — Beide Theile ergänzen sich gegenseitig derart, dass sie ein geschlossenes Ganzes bilden.

Eine Arbeit, welche, wie die vorliegende, so mannigfache Gegenstände behandelt, kann selbstverständlich nur mit zahlreichen Lücken behaftet sein. Derer, welche diese Arbeit besitzt, bin ich mir sehr wohl bewusst; füge aber hinzu, dass ich mit der Ausfüllung derselben und mit der Fortführung der Arbeit ununterbrochen beschäftigt bin.

Die wenigen Bemerkungen über Wachsthumsursachen im Allgemeinen, welche den ersten Theil einleiten, sind hervorgerufen durch einige Missverständnisse, welche sich an den Gebrauch der Bezeichnung „innere Kraft" in meinem Aufsatz in Pflüger's Archiv geknüpft haben. Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die fragliche Erörterung nichts zu sein beansprucht, als eine Darlegung des eigenen Standpunktes gegenüber dem berührten, überaus verwickelten Gegenstand.

Bezüglich der in der nachstehenden Arbeit befolgten Darstellung ist zu erwähnen, dass überall, wo nicht specielle Fälle oder Zahlen angeführt sind, Durchschnittsresultate gemeint sind. Die letzteren beruhen stets auf grösseren, und in allen wichtigeren Fällen auf ausgedehnten Versuchsreihen. Ich hatte anfänglich die Absicht, alle Angaben mit Einzelresultaten zu belegen; stand aber bald von diesem Vorhaben ab, weil die Natur der behandelten Objecte eine nur einiger Maassen übersichtliche Einzelbeschreibung kaum zulässt. Es sind daher Zahlen nur da angeführt, wo es der Gegenstand nothwendig mit sich brachte.

So übergebe ich die Arbeit den Fachgenossen mit der Bitte, dieselbe mit der Nachsicht aufzunehmen, welche jeder erste Versuch eines Autors auf einem von ihm bis dahin nicht bebauten Gebiete zu erwarten sich vielleicht erlauben darf.

Bonn, im Mai 1878.

H. Vöchting.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

INHALT.

Seite

Einleitung.

Ueber Wachsthumsursachen im Allgemeinen 1
Untersuchungs-Methoden 11

Spitze und Basis an Spross, Wurzel und Blatt.

A. Spitze und Basis am Spross 22
a. Versuche mit Weidenzweigen 22
Dignität der Knospen und Bedeutung der Narben . . 43
Verhältniss zwischen Wurzeln und Knospen 51
Bedeutung des Alters der Zweige 54
b. Versuche mit Zweigen von Lycium barbarum 62
c. „ „ „ „ Ampelopsis hederacea . . . 64
d. „ „ „ „ Sambucus nigra 66
e. „ „ „ „ Pirus 66
f. „ „ „ „ Heterocentron diversifolium . 67
g „ „ „ „ Tradescantia Sellowi u. zebrina 75
h. „ „ „ „ Lepismium radicans 76
i. „ „ „ „ Begonia-Arten 78
Zusammenfassung 82
B. Spitze und Basis an der Wurzel 84
a. Versuche mit Wurzeln von Populus dilatata . . . 85
b. „ „ „ „ Paulownia imperialis . . . 92
c. „ „ „ „ Ulmus campestris 92
C. Spitze und Basis am Blatt 92
D. Spitze und Basis an Früchten 110

Der Einfluss äusserer Bedingungen 119
A. Wirkung von Wasser-Contact 119
B. Wirkung von Wasser unter erhöhtem Druck 143
C. Wirkung der Berührung mit einem festen Körper 144
D. Einfluss des Lichtes 146
a. Versuche mit Lepismium radicans 148
b. „ „ Weidenzweigen 152
E. Einfluss der Schwerkraft 164
a. Versuche mit Weidenzweigen 168
b. „ „ Zweigen von Heterocentron diversifolium . 184
c. „ „ Wurzelstücken 190

Seite

F. Einfluss von Wachsthums-Erscheinungen 193

Verschiedenes.

Die älteren Umkehr-Versuche und eigne Experimente 198
a. Versuche mit Weidenzweigen 210
b. „ „ Zweigen von Lycium barbarum 216
c. „ „ Cacteen 220
d. „ „ Impatiens grandifolia 222
e. „ „ anderen krautigen Pflanzen 223
f. „ „ Wurzeln 223
Zur Theorie der künstlichen Vermehrung durch Stecklinge und Ableger 224
Vermehrung durch Ableger 225
Vermehrung durch Stecklinge 227
a. Stamm- und Stengelstecklinge 227
b. Wurzelstecklinge 230
c. Blattstecklinge 231
Abstossung von Theilen 232
Theilbarkeit niederer Thiere 236
Zur Zellentheorie. Die physiologische Individualität 240

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Einleitung.

Ueber Wachsthumsursachen im Allgemeinen.

Die ältere Physiologie[1]) fasste den lebendigen Körper, soweit er nach morphologischen Gesetzen gebaut war, als die Function einer Kraft auf, des sogenannten Bildungstriebes, nisus formativus. Der Urheber dieser Anschauung ist *Blumenbach*[2]), einer der Begründer der Epigenesis. Nach ihm gehört der Bildungstrieb in

[1]) Ich brauche kaum die Bemerkung hinzuzufügen, dass es ganz ausser meiner Absicht liegt, hier eine historische Uebersicht der verschiedenen Anschauungen über die sogenannten „bildenden Kräfte" zu liefern. Ein derartiger Versuch würde eine umfassende Arbeit für sich sein. — Es handelt sich hier lediglich um einen Hinweis auf diejenigen Vorstellungen, welche den heute geltenden zunächst vorangehen, und deren Wirkung sich direct oder indirect bis auf die Gegenwart erstreckt.

[2]) *J. F. Blumenbach.* Ueber den Bildungstrieb und das Zeugungsgeschäfte. Göttingen, 1781. Ich kann mir nicht versagen, die wichtigste Stelle nach der in der zweiten und dritten Auflage gegebenen Fassung wörtlich mitzutheilen. Es heisst dort (dritte Aufl. 1791, S. 31), der Autor sei zu der Ueberzeugung gelangt: „Dass keine präformirten Keime präexistiren: sondern dass in dem vorher rohen ungebildeten Zeugungsstoff der organisirten Körper, nachdem er zu seiner Reife und an den Ort seiner Bestimmung gelangt ist, ein besonderer, dann lebenslang thätiger Trieb rege wird, ihre bestimmte Gestalt anfangs anzunehmen, dann lebenslang zu erhalten, und wenn sie ja etwa verstümmelt worden, womöglich wieder herzustellen. — Ein Trieb, der folglich zu den Lebenskräften gehört, der aber ebenso deutlich von den übrigen Arten der Lebenskraft der organisirten Körper der Contractilität, Irritabilität, Sensilität etc.), als von den allgemeinen physischen Kräften der Körper überhaupt, verschieden ist; der die erste wichtigste Kraft zu aller Zeugung, Ernährung und Reproduction zu seyn scheint, und den man, um ihn von anderen Lebenskräften zu unterscheiden, mit dem Namen des Bildungstriebes (nisus formativus) bezeichnen kann."

die Gruppe der Lebenskräfte; und zwar stellt er diejenige besondere Form derselben dar, welche in dem rohen und formlosen Zeugungsstoff wach wird, diesem nicht nur seine bestimmte Form ertheilt, sondern auch erhält, und bei etwa vorkommenden Verstümmelungen bestrebt ist, dieselbe wieder herzustellen. — Zur richtigen Würdigung der Vorstellungen des grossen Anatomen ist aber hinzuzufügen, dass er mit dem Worte Bildungstrieb nur die Bezeichnung für eine Kraft geben wollte, deren constante Wirkung durch die Erfahrung anerkannt, deren eigene Ursache aber völlig unbekannt war; und dass er sie in Bezug auf diesen Punkt der Attraction, Schwere u. s. w. gleichstellte.

Die Anschauung *Blumenbach's* fand vielfache Zustimmung. Hier sei nur daran erinnert, dass ihr philosophischerseits *Kant* [1]) seine gewichtige Stimme verlieh, und dass sich unter den Naturforschern jener Zeit *Döllinger* [2]), *Link* [3]) und Andere für sie erklärten. — Auf der andern Seite wurden schon früh Stimmen laut, welche wohl die von *Blumenbach* eingeführte Bezeichnung gelten lassen, allein ihre Bedeutung als Lebenskraft nicht anerkennen wollten. In erster Linie ist hier *Reil* [4]) zu nennen, der in seinem berühmten Aufsatze über die Lebenskraft alle materiellen Vorgänge im Körper, also auch die bildende Thätigkeit, auf Mischung und Form der organischen Materie zurückzuführen bemüht war. Das Wort „Bildungstrieb" oder „Bildungskraft" diente nur als Bezeichnung für eine Summe unbekannter Ursachen. — In wesentlich demselben Sinne hat sich später *Rudolphi* [5]) geäussert. — Dagegen kehrt der *Blumenbach*'sche Gedanke als wesentlicher Bestandtheil in *Johannes Müller's* [6]) Vorstellungen wieder. Denn die „organische Kraft" des Letzteren, „welche die zum Ganzen" (des Organismus) „nothwendigen Organe aus orga-

[1]) *I. Kant.* Sämmtliche Werke, herausgegeben von Hartenstein. Leipzig, 1867. Bd. V. Kritik der Urtheilskraft. S. 437.

[2]) *Doellinger.* Grundriss der Naturlehre des menschlichen Organismus. Bamberg und Würzburg, 1805. S. 23 u. 29.

[3]) *Link.* Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Göttingen, 1807. S. 293 ff.

[4]) *Reil.* Von der Lebenskraft. In Reil's Archiv für die Physiologie. Bd. I. Halle, 1796. S. 66 ff.

[5]) *Rudolphi.* Grundriss der Physiologie. I. Bd. Berlin, 1821. S. 247.

[6]) *Johannes Müller.* Handbuch der Physiologie des Menschen. I. Bd. 3. Aufl. Coblenz, 1837. S. 23 ff.

nischer Materie erzeugt", welche „durch das Ganze hindurch wirkt, und nicht von einzelnen Theilen abhängt", und die früher besteht, „als die harmonischen Glieder des Ganzen vorhanden sind", nimmt den Bildungstrieb *Blumenbach's* als erhebliches Moment in sich auf.

An *J. Müller's* Grundwerk schliesst sich bekanntlich jene Reihe von Arbeiten, welche einen Umschwung in den allgemeinen Anschauungen der Physiologen hervorrief. Die mächtigen Fortschritte in den organischen Wissenschaften führten die Nothwendigkeit herbei, den Begriff der Lebenskraft einer Kritik zu unterziehen, die mit der Darlegung von dessen völliger Unhaltbarkeit endigte. Die Namen der Männer, an die sich die fragliche Leistung knüpft, die *Lotze, J. R. Mayer, Schleiden, Schwann, du Bois-Reymond* u. A. sind zu bekannt, als dass wir hier noch besonders auf sie zu verweisen hätten. — Mit der Lebenskraft im Allgemeinen musste natürlich auch die besondere Form derselben, der Bildungstrieb, entweder gänzlich fallen, oder die Bedeutung, welche man diesem Ausdrucke zu Grunde legte, eine derartige Veränderung erfahren, dass sie der nunmehr herrschenden allgemeinen Anschauung conform war. Das Letztere geschah auf botanischem Boden, auf dem wir uns hier ausschliesslich bewegen, durch *Schleiden*. In der Einleitung zu seinem classischen Werke stellte er den fundamentalen Satz [1]) auf: „Unter die allgemeinste naturwissenschaftliche Aufgabe, allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegung zurückzuführen, und nach mathematischen Gesetzen aus Grundkräften der Anziehung und Abstossung zu erklären, fällt auch die Construction des Bildungstriebes." — Der Gedanke *Schleiden's* hat im Gebiet der Physiologie ziemlich allgemeine Herrschaft erlangt, während in der Morphologie sporadisch die ältere Vorstellung, wenn auch manchmal unter etwas abweichender Benennung, wieder aufgetaucht ist.

Soweit die allgemeine Erörterung. Ganz abgesehen davon lagen jedoch schon seit lange vereinzelte Thatsachen vor, welche eine neue Lösung des alten Problems hätten anbahnen können. Durch *Knight's* [2]) im Jahre 1806 gemachte glänzende Entdeckung

[1]) *M. J. Schleiden.* Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Aufl. Leipzig, 1845. 1. Thl. S. 53. — Man vergleiche ferner S. 50, 59 ff. u. 64 ff.

[2]) *T. A. Knight.* On the Direction of the Radicle and Germen during

wurde der Blick der Forscher zum ersten Male auf eine neue Wirkungsweise der allgemeinen kosmischen Kraft gerichtet. Der grosse Experimentator zeigte, dass die Richtung des Wachsthums der beiden Enden an der Hauptaxe der Pflanze, des Stengels und der Wurzel, durch die Schwerkraft bestimmt wird. Allerdings war damit zunächst nur der Einfluss dieser Kraft auf die Richtung wachsender Gebilde nachgewiesen; allein es ist nicht zu vergessen, dass in einem System von Gliedern die Richtung derselben eine morphologische Bedeutung im eminenten Sinne dieses Wortes besitzt. Nach dieser Seite hin ist zwar jene Thatsache wenig gewürdigt worden. Für ihren Entdecker, wie für diejenigen, welche sich zunächst nach ihm mit der Discussion derselben beschäftigten, handelte es sich um nichts Geringeres, als um eine directe Erklärung des Phänomens. Dass die fraglichen Bemühungen nur rohe Versuche blieben, kann uns heute, wo wir nach so vielen vergeblichen Anstrengungen einigermassen in den Stand gesetzt sind, die Schwierigkeiten des Problems zu überschauen, nicht in Verwunderung setzen.

Während des mächtigen Aufschwungs, den die pflanzliche Morphologie in unserm Jahrhundert erfuhr, traten die eben berührten Fragen mehr und mehr in den Hintergrund. Mit dem Wiederaufleben der experimentellen Richtung wurden sie dagegen alsbald wieder auf die Tagesordnung gesetzt. Die Arbeiten von *Wigand*, *Hofmeister*, *Sachs*, *Frank* u. A. sind allbekannt. Durch sie wurden die schon gemachten Erfahrungen erheblich erweitert; und, was das Wichtigste von Allem, sie führten zu einem tieferen Einblick in das Spiel der Kräfte, unter deren Herrschaft die Wachsthumserscheinungen vor sich gehen.

Hierbei kam noch ein anderes Moment zu Hülfe. Die neuen Anschauungen, welche sich durch *Darwin's* grossartige Arbeiten in Bezug auf die Entwickelung der Organismen Geltung verschafften, konnten nicht verfehlen, auch den Bemühungen der

---

the Vegetation of Seeds. Philosoph. Transact. 1806. I, 99. — Auf *Knight* lässt sich anwenden, was *du Bois-Reymond* von *Hewson* sagt; er ist „gleich Hales eines jener experimentellen Génies, die, unbeirrt durch gelehrten Ballast wie durch abstracte Speculation, England stets einen Löwenantheil an den jederzeit möglichen Entdeckungen gesichert haben." S. Gedächtnissrede auf Johannes Müller. Abhandlungen der Akademie der Wissensch. zu Berlin von 1859. S. 56.

Physiologen einen neuen Impuls zu ertheilen. Auf die dunkelste der dunkeln Erscheinungen, die Vererbung, wurde plötzlich ein neues Licht geworfen, die Möglichkeit einer Erklärung derselben in grössere Nähe gerückt, und die Bahn zu ihrer Erforschung bestimmt. Es ergab sich als erstes und nothwendigstes Erforderniss, bei allen Wachsthumsvorgängen zunächst die Wirkung der verschiedenen Kraftformen zu sondern, und festzustellen, inwieweit sie auf erblichen, und inwieweit auf rein äusserlichen Einflüssen beruhen. — Nachdem schon früher *Sachs* eine Reihe wichtiger Angaben bezüglich der formbildenden Wirkung des Lichtes gemacht hatte, stellte *Hofmeister* [1]) das Problem über den Einfluss äusserer Kräfte auf die Gestaltung des Pflanzenkörpers in allgemeinster Fassung auf; und suchte es gleich für zahlreiche Fälle zu lösen, von denen freilich manche einer andern Erklärung bedürfen, als die, welche ihnen durch jenen Autor gegeben ist.

Neben und im Anschluss sowohl an die vorhin, als an die eben genannten Arbeiten ist in neuerer Zeit eine Reihe weiterer Untersuchungen von verschiedenen Forschern erschienen, welche die berührten Probleme in den verschiedensten Fällen in mehr oder minder abschliessender Weise theils gelöst, theils zu lösen versucht haben. Diese hier einzeln aufzuführen, erscheint um so weniger nothwendig, als alle diejenigen von ihnen, welche in irgend eine Beziehung zu der vorliegenden Arbeit treten, im speciellen Theile derselben ihren Ort finden werden.

Gestützt auf die Gesammtheit der bis jetzt vorliegenden Beobachtungen hat endlich *Sachs* [2]) eine klare und übersichtliche Darstellung des gegenwärtigen Zustandes unserer Kenntnisse der verchiedenen Wachsthumsursachen gegeben. — An diese lehnt sich unsere nunmehr folgende Erörterung desselben Gegenstandes in mehr als einem Punkte an.

Unter dem Wachsthum eines Gebildes verstehen wir im Allgemeinen die Volumvergrösserung desselben unter Aufnahme neuer Substanztheilchen zwischen und auf die schon vorhandenen.

---

[1]) *Hofmeister.* Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868. S. 579 ff.

[2]) *Sachs.* Lehrbuch der Botanik. 3. Aufl. Leipzig, 1873. S. 680 ff. 4. Aufl. S. 744.

Hieraus ergiebt sich zunächst, dass ohne die Gegenwart von Nährstoffen im weitesten Sinne, plastischen und rohen, ein Wachsthum nicht zu denken ist; dass das Vorhandensein der ersteren unerlässliche Bedingung für das letztere ist. — Sind nun die Nährstoffe geboten, so lehrt die Erfahrung weiter, dass als nächste, ebenfalls unerlässliche Bedingung eine gewisse Temperaturhöhe erforderlich ist, d. h. im Sinne der geläufigen physikalischen Vorstellungen, dass die Gesammtheit der Massetheilchen des Pflanzenkörpers und der darin enthaltenen Nährstoffe eine Bewegung von bestimmter lebendiger Kraft besitzen muss, von welcher an allein die verwickelten Vorgänge des Wachsthums möglich sind. Sobald jene lebendige Kraft eine bestimmte Minimal-Schwelle abwärts überschreitet, steht das letztere still; dasselbe geschieht, wenn sie auf der anderen Seite eine bestimmte Maximal-Höhe übersteigt. Bringt man einen keimfähigen Samen unter den Einfluss der eben genannten Bedingungen, so erfolgt ein Wachsthum; hat dagegen der Same durch irgend welche Eingriffe seine Keimkraft verloren, so bildet sein Embryo sich auch unter den denkbar günstigsten Umständen nicht aus. Beide Samen, der keimfähige und der nichtkeimfähige, bestehen aus denselben Elementen, und lassen sich äusserlich in keiner Weise unterscheiden; der letztere enthält eine Summe organisirter Reservesubstanz wie der erstere. Der Unterschied zwischen beiden Samen kann also nur in einer überaus complicirten, zur Zeit völlig unbekannten Anordnung der Massetheilchen der in den Zellen enthaltenen Plasmakörper, und in einer derselben entsprechenden höchst verwickelten Wechselwirkung ihrer Kräfte [1]) beruhen. — Dieses System von Massetheilchen und den entsprechenden Kräften ist es, welches den Körper zum lebendigen oder, wie *Pflüger* [2]) und Andere wollen, lebensfähigen macht; wird es durch äussere oder innere Ereignisse gestört, so ist der Körper todt trotz seiner wohlerhaltenen äusseren Form.

---

[1]) Das Wort „Kraft" gebrauche ich hier nicht in dem strengen Sinne der Mechanik, sondern in der oft angewendeten weiteren Fassung. Im Grunde genommen wird damit nur eine Bedingung bezeichnet, unter welcher ein Wachsthum stattfindet.

[2]) *Pflüger.* Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. Bd. X. S. 312.

Also lebensfähig muss der Körper sein, wenn er wachsen soll. Fragt man nun weiter nach dem Process des Wachsthums, so fallen dabei sehr verschiedene Ursachen ins Auge. Zunächst gewahren wir eine Reihe von Erscheinungen, die ihrer allgemeinen physikalischen oder chemischen Natur nach bekannt sind. Hierher gehören die Vorgänge der Diffussion, die in der Zelle thätigen Druckkräfte, eine Reihe chemischer Erscheinungen, u. dgl. m.; dieselben beruhen der Hauptsache nach auf Molecular-Kräften, deren allgemeine Wirkung auch ausserhalb des Organismus untersucht werden kann. — Ihnen gegenüber steht eine Reihe anderer Ursachen, deren Effecte wir wohl gewahren, über deren Natur wir uns aber beim heutigen Stande der Wissenschaft keine genügende Vorstellung bilden können. Es sind besonders drei Gruppen von Erscheinungen, in welchen uns die Wirkung dieser Kräfte am klarsten gegenüber tritt. Die eine besteht darin, dass jedes Gebilde die verschiedenen Stadien von Jugend, Entwicklungshöhe und Alter durchläuft, und dass im Allgemeinen und unter normalen Verhältnissen nach Erreichung des letzten Stadiums keine Rückkehr in's erste erfolgt. — Die zweite der genannten Gruppen macht sich darin geltend, dass das Wachsthum in bestimmten Bahnen erfolgt, ein Umstand, vermöge dessen die mannigfachen Formen erzeugt werden, welche die Welt der Organismen darbietet. Ein Blick auf diese Formen lehrt, dass wir unter den ihnen zu Grunde liegenden Ursachen die in weiterem und selbst sehr weitem Kreise wiederkehrenden von denen zu unterscheiden haben, welche nur im Bereich der einzelnen Art auftreten. Ein Beispiel möge als Erläuterung dienen. Fast alle Blattgebilde im Pflanzenreich haben ein begrenztes Wachsthum; es wird die Annahme nahe gelegt, dass dieser Erscheinung überall die gleichen oder doch nahe verwandten Ursachen zu Grunde liegen Dagegen werden die specifischen Blattformen der verschiedenen Arten bedingt durch ihre ihnen entsprechenden specifischen Ursachen. — Als dritte Gruppe endlich kann man eine Reihe von Reproductions-Erscheinungen zusammenfassen, welche auf Wegnahme von Organen, auf Verstümmelungen etc. erfolgen. So erzeugt ein vom Stamme entnommenes Blatt unter günstigen Bedingungen an seiner Basis Wurzeln und Sprosse; die Früchte der Opuntien, vom Stengel gelöst und in Erde gesetzt, bilden Wurzeln und Laubtriebe, u. dgl. m. Es ist kaum daran zu zweifeln, dass die Erscheinungen

dieser Gruppe bezüglich der tieferen Ursachen zu denen der zweiten zu zählen sind. Es empfiehlt sich jedoch aus praktischen Gründen, sie vorläufig davon gesondert zu halten. — In der Regel bezeichnet man die Kräfte der letztgenannten Art als vererbte, als historisch überkommene.

Wir wollen die Gesammtheit der in der Zelle thätigen Kräfte, soweit sie in dem molecularen Aufbau derselben begründet sind, als innere im Gegensatz zu den alsbald zu besprechenden äusseren bezeichnen; unter den ersteren sollen diejenigen, welche gestaltbedingend auftreten, speciell als morphologische unterschieden werden. —. Aus dieser Eintheilung erhellt, dass wir die erblichen Erscheinungen nicht, wie dies häufig geschieht, als principiell verschieden von den physikalisch bekannten betrachten. Zu einer derartigen Sonderung liegt in der That gar kein Grund vor. Beide, die physikalisch bekannten wie die erblichen Erscheinungen beruhen auf demselben Grunde, dem molecularen Aufbau der Zelle, zu dessen näherem Studium zur Zeit kaum die ersten Schritte gethan sind. Stellen wir uns nun einmal vor, der fragliche moleculare Aufbau wäre uns in allen seinen Einzelheiten bekannt, so würden sich nicht nur die physikalisch bekannten Erscheinungen mit Nothwendigkeit daraus herleiten lassen, sondern ebenso die erblichen; es würde sich im einzelnen Fall mit Nothwendigkeit ergeben, warum im nächsten Zeitmoment an diesen Orten neue Molecüle eingelagert werden, warum das Gebilde wächst, warum es diese Form erhält. Die morphologische Gestalt wäre dann physiko-chemisch (im weitesten Sinne) erklärt; die erblichen Erscheinungen dann nichts als physikalische, aller Unterschied zwischen beiden völlig verwischt. — Wollte man hiergegen den Einwurf machen, dass wir von dem genannten Ziele weit entfernt seien, und dass deshalb keine Berechtigung vorliege, vom Bekannten auf das Unbekannte zu schliessen, und im Voraus über die Natur der erblichen Kräfte abzusprechen, so würde dadurch nur die Aussenseite, nicht aber der Kern der Sache berührt. Der Einwurf würde zutreffen, wenn man unter physikalischen Kräften nur die heute schon genauer bekannten verstehen wollte; geschähe dies, so würde allerdings mit Recht an die Regeln der Induction erinnert werden. Allein darum handelt es sich in der That nicht. Wohl schwerlich dürfte Jemand im Ernst die physikalisch-chemischen Wissenschaften hinsichtlich der in ihnen

behandelten Kraftformen als abgeschlossen betrachten, und nur in diesem Falle könnte der Einwurf treffen. Die Physik (im weitesten Sinne) ist selbst in lebendiger Entwickelung begriffen; das allgemeine Kräfteschema, welches den bis heute bekannten Erscheinungen zu Grunde liegt, kann durch neue Entdeckungen täglich erweitert werden. Allein daran wird unter allen Umständen der Physiker festhalten, dass jede neue Kraftform, welche möglicher Weise entdeckt wird, dem Princip von der Erhaltung der Energie ebenso unterworfen sein muss, wie die bis jetzt bekannten; eine andere wird er nie anerkennen. — Derselbe Grundsatz gilt aber auch für die Forschung des Physiologen. Welcher Art jene unbekannten inneren Kräfte des pflanzlichen Organismus auch immer sein mögen; ob es einst gelingen wird, sie als Resultirende aus mehr oder minder verwickelten Combinationen der schon jetzt bekannten Grundkräfte darzustellen, oder ob sie als eigne Formen neben jenen figuriren werden: dies mag von geringerer Bedeutung sein, wenn nur das Eine festgehalten wird, dass das Princip von der Erhaltung der Energie für sie ebenso gut gelten muss, wie für jene. Hierauf allein kommt Alles an; nur die rückhaltlose Anerkennung dieses Grundsatzes macht eine methodische Untersuchung möglich, und lässt eine Erklärung der fraglichen Erscheinungen im streng naturwissenschaftlichen Sinne erhoffen. Stets ist daran zu denken, dass alles Wachsthum in letzter Instanz auf Bewegung der kleinsten Massetheilchen zurückzuführen ist. Jede Bewegung aber, wie verwickelt auch das sie verursachende Kräftesystem immer sein möge, muss am Ende in einen mechanischen Ausdruck gefasst werden können. – In Wahrheit unterscheiden sich demnach die besprochenen beiden Gruppen innerer Kräfte nur dadurch, dass die eine bekannt, die andere unbekannt ist; ein Unterschied, der aber, was kaum noch der Erwähnung bedarf, kein principieller, sondern nur ein temporärer ist, und dessen Grenzen durch jede neue Untersuchung verschoben werden können.

Die eben entwickelte Anschauung über die Natur der erblichen Ursachen ist, dessen sind wir uns bewusst, nur ein Postulat, dessen Berechtigung auf dem Zustande der heutigen Gesammt-Wissenschaft beruht, das aber selbst noch der directen Bestätigung bedarf. Solange diese nicht gegeben ist, sind die erblichen Ursachen als Kraftformen eigner Art zu betrachten, und, soweit sie sich überhaupt experimentell fassen lassen, als solche in

Rechnung zu bringen. — Dies ist der nicht geringen Zahl derer entgegen zu halten, welche die Zurückführung einer Erscheinung auf ein erbliches Moment überhaupt nicht für zulässig erachten, welche Erklärungen durch erbliche Ursachen nicht anerkennen. Diese sind daran zu erinnern, dass nach den einfachen Vorschriften des inductiven Verfahrens für jede Erscheinung die nächste Ursache aufzusuchen ist. Ist diese einer weiteren Auflösung und Zurückführung auf einfachere Elemente fähig, so ist damit die nächste Aufgabe gestellt, an welche sich eventuell eine noch tiefer eindringende schliesst. — Leitet uns die Untersuchung der lebendigen Körper auf solche Kraftformen als Ursachen hin, die zur Zeit keine physikalische Erklärung zulassen, deren Wirkungen aber in constanter Form wiederkehren, so sind sie einfach zunächst als Ursachen eigner Art aufzufassen. Die Zurückführung derselben auf einfachere physikalische Elemente bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten. Gerade die Geschichte der neueren Physik, besonders der mechanischen Wärmetheorie, bietet für das eben Gegebene die beste Analogie.

Kehren wir nun noch einmal zu unserm lebensfähigen Samen zurück. Wir haben gesehen, dass, wenn demselben Wärme und Nährstoffe (in dem früher bezeichneten Sinne) in genügender Menge zugeführt werden, sein System innerer Kräfte in Bewegung gesetzt wird, und nun ein Wachsthum in der ihm eigenen specifischen Bahn erfolgt. Geschieht dies in der freien Natur, so wirkt auf den wachsenden Körper noch eine Reihe von Einflüssen ein, welche unter die bisher genannten nicht mit eingeschlossen sind. Abgesehen von rein zufälligen äusseren Momenten, wie z. B. dem Contact fester und flüssiger Körper, die unter Umständen von Bedeutung werden können, steht derselbe unter der Einwirkung von theils stetig, theils periodisch wirkenden Kräften. Zu den ersteren gehören die allgemeine Erdanziehung, die den Erdball beständig umkreisenden electrischen Ströme; zu den letzteren das Licht. Ob electrische Ströme einen besonderen Einfluss auf das Wachsthum haben, ist bis jetzt nicht festgestellt; wohl aber ist dies geschehen in Bezug auf das Licht und die Schwere. Wie die bis jetzt ausgeführten Untersuchungen lehren, ist die Wirkung dieser Kräfte für das Wachsthum nicht unmittelbar nothwendig; mit Bestimmtheit gilt dies wenigstens für die ersten Wachsthums-Stadien. Es erhellt das Gesagte daraus, dass man

die Wirkung jener Kräfte aufheben oder ausschliessen kann, und dass dennoch das Wachsthum erfolgt. Die Untersuchung hat ferner ergeben, dass, wenn jene Kräfte einwirken, sie weniger den specifischen Charakter des Wachsthums beeinflussen, als vielmehr einen richtenden, verzögernden oder beschleunigenden Einfluss ausüben. Doch muss bemerkt werden, dass die bis jetzt geführten Untersuchungen zu keinerlei abschliessendem Urtheil berechtigen. Alles, was daraus folgt, besteht darin, dass die Einwirkung der fraglichen Kräfte für die Einleitung und nächste Abwickelung der Wachsthumsvorgänge nicht nothwendig ist; dagegen ist höchst wahrscheinlich und in gewissen Fällen erwiesen, dass dieselben einen mittelbaren Einfluss insofern ausüben, als sie an dem Aufbau des Stoff- und Kraftcomplexes, dessen Entwickelung nun unabhängig von ihnen vor sich geht, betheiligt waren. Kräfte dieser Art, deren Einfluss sonach auf die Wachsthumsvorgänge kein unmittelbar nothwendiger ist, bezeichnen wir im Gegensatz zu den früher besprochenen einfach als äussere.

Mit diesen kurzen Bemerkungen über die im Nachfolgenden zu behandelnden Kraftformen wollen wir uns vorläufig begnügen.

Untersuchungs-Methoden.

Wie schon oben angedeutet, besteht die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit in dem Studium der nächsten Ursachen, welche den morphologischen Ort von Neubildungen, oder das Auswachsen vorhandener, aber ruhender Anlagen bestimmen. Hieraus und aus dem Vorstehenden ergeben sich ohne Weiteres Folgerungen für die Aufgabe und den allgemeinen Gang der Untersuchung.

Es handelt sich in erster Linie darum, den fraglichen Kräftecomplex in seine einzelnen Factoren zu zerlegen, und die Bedeutung jedes einzelnen experimentell nachzuweisen. Es wird sich hauptsächlich um die Fragen drehen: Sind es innere oder äussere Kräfte, welche bei jenen Erscheinungen als Ursachen auftreten, oder wirken beide zugleich; und, wenn das Letztere der Fall, welcher Antheil kommt jeder einzelnen derselben zu?

Die Existenz und die Art der Wirkung innerer Kräfte lässt sich dadurch nachweisen, dass man nach Darreichung der nothwendigen Lebensbedingungen die Versuchs-Objecte dem Einfluss aller äusseren Kräfte entzieht, und dadurch den inneren allein freien

Spielraum gewährt. Ist auf diese Weise die Wirkung der letzteren festgestellt, so wird man die äusseren Kräfte einzeln auf das Object mit den ihm unveräusserlichen, nun bekannten inneren Kraftformen einwirken lassen, und aus den jetzt veränderten Erscheinungen auf den Effect der äusseren schliessen.

Bevor wir hierauf näher eingehen, ist zunächst die Art zu erörtern, in welcher die nothwendigen Lebensbedingungen dargeboten werden. Da die Versuchs-Objecte, Zweige, Wurzeln u. s. w. in der Regel soviel Reserve-Stoffe enthalten, dass die Quantität derselben für die ersten Stadien der Production von Organen ausreicht, so handelt es sich nur um die Zufuhr von Wasser, Wärme und sauerstoffreicher Luft. Diese aber müssen dem ganzen Object gleichförmig geboten werden, denn es liegt auf der Hand, dass eine ungleichförmige Umgebung den Wachsthumsvorgang nicht unwesentlich beeinflussen könnte.

Fig. 1.

Die Herstellung gleichförmiger Lebensbedingungen ist, zumal wenn grössere Objecte zum Versuch verwendet werden sollen, nicht ganz ohne Schwierigkeit. Am vollkommensten, und jedenfalls für den hier beabsichtigten Zweck völlig genügend, gelingt sie in den Fällen, in welchen die Versuchsstücke in feuchter Luft vegetiren sollen. Es wurden zu dem Ende Glashäfen von verschiedener Höhe benutzt (Fig. 1). Bei Versuchen mit kürzeren Zweig- oder Wurzelstücken dienten solche von 16 Ctm. Durchmesser und 25 Ctm. Höhe; für längere Objecte stieg die Höhe der Gläser bis zu 40 Ctm. Den Boden derselben bedeckte eine 1 – 3 Ctm. hohe Wasserschicht. Die senkrechten Innenwände der Gläser wurden mit Fliesspapier ganz, oder, wenn specielle Zwecke es erforderten, in Längsstreifen mit freien Zwischenräumen bedeckt; und zwar derart, dass dasselbe bis in das Wasser auf den Boden ragte. Bei Einleitung des Versuches völlig mit Wasser getränkt, hielt es sich, nachdem die obere Oeffnung des Glashafens mit einer Glasscheibe bedeckt war, durch Capillar-Wirkung beliebig

lange Zeit feucht. Selbst wenn die Scheibe den Innenraum des Glases nicht vollständig abschliesst, — und sie that dies in meinen Versuchen wohl nie ganz, — so darf man doch annehmen, dass derselbe in Folge der grossen verdunstenden Oberfläche ziemlich gleichmässig mit Wasserdampf-gesättigter Luft erfüllt ist. Die Ungleichheiten, welche im oberen Theile durch den nicht vollständigen Verschluss des Glases hervorgerufen werden, sind jedenfalls nicht bedeutend; und haben, wie aus den verschiedenen Versuchen selbst hervorgeht, auf den Gang der Entwickelung der Objecte keinen nennenswerthen Einfluss. Abgesehen davon ist aber der langsame Wechsel der in Folge des steten Verbrauchs an Sauerstoff ärmeren Luft im Glase mit der sauerstoffreicheren ausserhalb desselben von erheblicher Bedeutung für das Gedeihen der Objecte. — In derart hergerichteten Gläsern werden nun die Versuchsstücke frei so aufgehängt, dass sie nirgends das Wasser oder die feuchte Wandbedeckung berühren. Das Aufhängen der Objecte selbst geschieht bei senkrechter Stellung derselben derart, dass einfach um das eine Ende die Schlinge eines dem Gewicht der Stücke entsprechend starken Fadens gelegt, und der freie Theil des letzteren in erforderlicher Länge unter der den Glashafen bedeckenden Scheibe vermittelst Siegellacks befestigt wird. — Sollen kurze Zweige horizontal oder längere Zweige gekrümmt aufgehängt werden, so bleiben die Manipulationen dieselben, nur dass man zwei Fäden statt eines verwenden muss. — Haben die in horizontaler Lage anzubringenden Zweige eine grössere Länge, so legt man den Glashafen selbst horizontal; auf der Höhe der grössten mittleren Durchschnittsebene werden zwei dünne Stäbe angebracht, auf diese die Objecte gelegt, und nöthigen Falls befestigt. Die das Glas schliessende Scheibe steht jetzt vertical und bedarf einer Klammer oder einer sonstigen sie festhaltenden Vorrichtung; die Innenseite des Glases ist auch jetzt mit Fliesspapier bedeckt, welches in die niedrige Wasserschicht auf der dem Boden zugekehrten Seite des Glases hinabreicht. Dass hierbei nur solche Gläser Anwendung finden können, deren Rand an dem offenen Ende nach innen umgebogen ist, bedarf kaum noch der Erwähnung.

Das eben beschriebene Verfahren ist jedenfalls das einfachste und zweckmässigste für Culturen in gleichmässigen äusseren Bedingungen. — Ungleich schwieriger gestalten sich die Verhältnisse,

wenn man die Objecte ganz unter Wasser wachsen lassen will. Die in dasselbe gehängten oder gelegten Versuchsstücke verbrauchen rasch den darin enthaltenen Sauerstoff, und da derselbe nur an der Oberfläche den Absorbtions-Verhältnissen entsprechend neu aufgenommen werden, der Bedarf der Objecte in den tieferen Regionen des Wassers aber durch den Diffusions-Strom nicht ausreichend befriedigt werden kann, so folgt eine Bevorzugung der der Oberfläche nahen Partieen, und diese muss auf das Resultat des Versuchs einen Einfluss haben. Man ist daher genöthigt, das Wasser stets von unten herauf zu erneuern. Bei meinen Versuchen wurde dies dadurch zu erreichen gesucht, dass über dem die Objecte enthaltenden Gefässe ein Reservoir angebracht wurde, von welchem eine mit enger unterer Oeffnung versehene Glasröhre bis auf den Boden jenes Gefässes hinabreichte. Wurde nun das Reservoir mit kaltem frischen Wasser gefüllt erhalten, so erneuerte sich der Inhalt des Gefässes stets von unten herauf, während oben das wärmere und sauerstoffärmere Wasser abfloss. Ich habe dieses Verfahren sowohl bei Horizontal- als bei Vertical-Versuchen Wochen hindurch fortgesetzt. Dass auf diese Weise auch nur eine annähernde Gleichheit der Bedingungen erreicht werden kann, leuchtet ohne Weiteres ein; doch glaube ich aus den Versuchen schliessen zu dürfen, dass die noch vorhandenen Ungleichheiten nicht von erheblicher Bedeutung sein können. Jedenfalls haben die geringen Temperatur-Unterschiede, denen die verschiedenen Theile der Objecte ausgesetzt sind, keinen in unserem Fall irgendwie massgebenden Einfluss.

Viel unsicherer als die oben genannten sind die Versuche mit feuchter Erde als umgebendem Medium. Um nur einen Punkt herauszugreifen, dürfte beim Experimentiren mit längeren vertical gerichteten Objecten der Sauerstoffgehalt der verschiedenen Schichten so beträchtliche Unterschiede zeigen, dass die der Oberfläche nahen Theile einen bedeutenden Vorzug von den tiefer gelegenen hätten. Auch in Bezug auf gleichmässige Feuchtigkeit dürften sich nicht unerhebliche Schwierigkeiten herausstellen. — Es wurden daher derartige Vertical-Versuche nur mit ganz kurzen Objecten angestellt. Dieselben wurden senkrecht in halb mit Erde gefüllte poröse Thonschalen gesteckt, dann die letzteren mit Erde soweit gefüllt, dass die Objecte 2—4 Ctm. tief mit letzterer bedeckt waren. Die Erde wurde stets mässig feucht gehalten; und die Schalen, um jeden

Lichteinfluss auszuschliessen, aus Vorsicht noch in einen möglichst finsteren Raum gestellt.

Günstiger gestalten sich die Horizontal-Versuche. Bei überall gleich hoher und gleichmässig lockerer Erde- oder Sandschicht wird der Sauerstoffgehalt ein überall ziemlich gleichmässiger sein, und ebenso eine annähernd gleichmässige Feuchtigkeit sich herstellen lassen. Derartige Culturen wurden in grosser Zahl angestellt; und zwar dienten dazu sowohl grössere und kleinere Thonschalen (bis zu 35 Ctm. Durchmesser), als für Versuche mit noch längeren Objecten ein Zinkkasten von 40 Ctm. Länge. In beiden Fällen wurde der untere Raum der Gefässe mit einer je nach Bedürfniss hohen Sand- oder Erdschicht gefüllt, darauf die Objecte gelegt, und nun diese mit einer 3—5 oder unter Umständen noch mehr Ctm. hohen Schicht der genannten Medien bedeckt. Handelte es sich um Lichtausschluss, so wurden die Gefässe, wie in dem früheren Fall, in einen dunklen Raum gestellt.

Wir haben nunmehr diejenigen Versuchsformen zu besprechen, in welchen die nothwendigen Lebensbedingungen den verschiedenen Theilen desselben Objects ungleichförmig geboten werden. Da dieser Gegenstand, wenn allgemein genommen, eine etwas weitläufige und für unsern Zweck zu weit gehende Erörterung nothwendig machen würde, so wollen wir uns hier auf diejenigen Fälle beschränken, welche im Laufe unserer Untersuchung besonders zur Anwendung gelangen.

Zunächst soll das Verfahren beschrieben werden, vermittelst dessen die Wirkung von flüssigem Wasser auf die Erzeugung von Neubildungen an gegebenen fertigen, und zwar zunächst vertical hängenden, Objecten geprüft wurde. Zu dem Ende wurden weiche, aber eng anschliessende Gummistopfen auf die Versuchsstücke geschoben, auf die Stopfen Glasröhren von entsprechender Weite und beliebiger Länge gesetzt (Taf. I, Fig. 8. u. 10), und diese dann mit Wasser gefüllt. So liess sich der Einfluss der letzteren an jedem Orte leicht feststellen. Es versteht sich von selbst, dass in der beschriebenen Art sich auch zwei oder mehrere Röhren über einander anbringen lassen. Ein specielleres Eingehen auf die Bedeutung dieses Versuches kann erst im Laufe der Untersuchung selbst erfolgen. Hier sei nur bemerkt, dass, wenn die erörterte Vorrichtung in trockene Luft gehängt wird, das Wasser nicht bloss als Nahrungsmittel local geboten wird, sondern dass hier sowohl

wie in den früheren Fällen die Contactwirkung desselben in flüssiger Gestalt in Betracht zu ziehen ist, die aber in der Form der localen Einwirkung einen ganz anderen Effect haben kann, als in der der überall gleichartigen. Für die technische Ausführung des Versuchs sei beiläufig erwähnt, dass, wenn dazu mit Augen besetzte Zweige verwendet werden sollen, die Gummistopfen von der Basis her auf die Zweige zu schieben sind; nur selten wird bei dieser Vorsichtsmassregel ein Auge verletzt.

Soll flüssiges Wasser bei horizontaler Lage der Zweige local einwirken, so lässt sich das oben beschriebene Verfahren in einer wenig modificirten Weise anwenden. Man wählt dazu Glasröhren, welche eine seitliche Oeffnung besitzen, führt durch die Röhren die Zweige, welche in der oben erwähnten Art mit Stopfen versehen sind, und füllt die ersteren dann durch die nach oben gerichteten Oeffnungen mit Wasser. Durch stete Wiederzufuhr des verdampfenden Wassers lassen sich solche Versuche in wochenlanger Dauer erhalten.

Aus dem Vorstehenden ergeben sich ohne Weiteres die entsprechenden Modificationen der Versuche, wenn man anstatt des Wassers feuchte Erde local einwirken lassen will. Es können die Röhren einfach mit der letzteren angefüllt werden, allein man nimmt, zumal wenn die Versuche längere Zeit andauern sollen, anstatt der Röhren besser Töpfe aus weicher Thonmasse. Die Versuchs-Objecte werden dann durch die Abflusslöcher geführt, in erforderlicher Höhe befestigt, die ganze Vorrichtung an ein Stativ gebracht und nun die Töpfe mit Erde gefüllt. In dieser Art wurden längere Zweige selbst durch drei Töpfe geführt.

Will man flüssiges Wasser oder feuchte Erde local auf ganze Längshälften der Objecte einwirken lassen, so legt man dieselben einfach horizontal in Schalen, und lässt sie in einem Falle bis zu beliebiger Höhe mit der Unterseite in Wasser tauchen, im anderen in entsprechender Weise von Erde berührt werden.

In allen letztgenannten Versuchsformen kam ausser dem Umstande, dass die nothwendigen Lebensbedingungen ungleichförmig geboten wurden, noch ein rein äusserliches Moment, der Contact fester oder flüssiger Körper, in Betracht. Wir wollen nunmehr diejenigen Methoden besprechen, welche lediglich darauf gerichtet sind, die Wirkung der zum Wachsthum nicht unmittelbar nothwendigen äusseren Kräfte zu untersuchen.

Handelt es sich zunächst darum, den etwa möglichen Einfluss eines festen trockenen Körpers, wie z. B. Sand oder Erde, festzustellen, so kann man in der früher angegebenen Art die dem Versuch auszusetzende Stelle des Objects mit einer Glasröhre umgeben, und diese mit dem fraglichen Körper füllen. Wasser und sauerstoffreiche Luft müssen dann natürlich an anderen Orten geboten werden. Um ein möglichst zuverlässiges Resultat zu erhalten, muss man den Körper, dessen Contact-Wirkung zu untersuchen ist, möglichst von anhängendem Wasser befreien, was durch langes Trocknen bei hoher Temperatur zu erreichen ist. Allein selbst dann, wenn nach diesen Vorbereitungen der Versuch in einem Raume angestellt wird, dessen Luft durch in geeigneter Weise angebrachte, mit Schwefelsäure gefüllte Gefässe trocken gehalten wird, gewährt derselbe doch keine genügende Sicherheit für die Reinheit des Resultates. Denn aller Wahrscheinlichkeit nach erstreckt sich die absorbirende Wirkung der Schwefelsäure nicht auf die geringe Feuchtigkeitsmenge, welche das Object im Bereich des berührenden Mediums verdunstet; das letztere wird dieselbe vielmehr unmittelbar festhalten. In diesem Falle wirkt aber der trockene Körper nicht mehr allein, sondern die absorbirte Feuchtigkeit mit ihm; und dadurch wird die Sicherheit des Resultates in Frage gestellt. — Bisher habe ich kein Verfahren ausfindig gemacht, welches ein unzweifelhaft richtiges Ergebniss gewährleistete; allein da der Gegenstand für meinen gegenwärtigen Zweck nur von untergeordneter Bedeutung war, so wurden darauf keine besonderen Bemühungen gerichtet.

Das gerade Gegentheil gilt von dem Einfluss des Lichtes; doch sind die zur Untersuchung desselben angewendeten Verfahrungsarten einfacher und sicherer. Handelte es sich lediglich um möglichst vollständigen Ausschluss der Lichteinwirkung, so wurden die Versuchs-Objecte in eine gut verschlossene Dunkelkammer gestellt. In allen besonderen Fällen wurde das Verfahren noch dadurch unterstützt, dass die Stücke in Thonschalen, deren Boden mit Sand gefüllt war, gestellt, und dann mit schwarzen Recipienten bedeckt wurden, welche mit ihrem unteren Rande bis zu einiger Tiefe in den Sand hinabreichten. Diese Vorrichtung, die nun ausserdem noch in die erwähnte finstere Kammer gestellt wurde, bot gegen jeden nur irgend erheblichen Lichteinfluss genügende Sicherheit. — Um die Bedeutung verschiedener Helligkeitsgrade zu

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

prüfen, wurden die Objecte in demselben Zimmer einer Beleuchtung von verschiedener Intensität ausgesetzt, von voller Tageshelligkeit (unter Ausschluss von directem Sonnenlicht) bis zu ziemlich vollständiger Dunkelheit unter schwarzem Recipienten. In diesen Fällen war aber die Temperatur bei jedem einzelnen Versuch in Rechnung zu bringen, und der Einfluss derselben durch eigens zu dem Zweck gemachte Experimente zuvor festzustellen. — Erfordert die Aufgabe, bestimmte Theile eines Objectes der Dunkelheit oder doch einer sehr matten Beleuchtung, die übrigen aber dem hellen Tageslicht auszusetzen, so kann man auf verschiedene Weise vorgehen. Es bietet sich zunächst das früher geschilderte Verfahren dar, auf die betreffenden Theile der Objecte Glasröhren zu schieben, und diese mit schwarzem Papier zu überziehen. In diesem Falle müssen aber des Luftwechsels wegen die angewendeten Korke durchbohrt, und die Oeffnungen nur locker bedeckt sein. — Ungleich einfacher macht man den Versuch dadurch, dass man direct auf die zu verdunkelnden Stellen des Objectes Hülsen aus schwarzem Papier schiebt, die so weit von denselben abstehen, dass darunter der Luft freie Circulation gestattet, und doch der Lichteinfluss in genügender Weise gedämpft wird. Es versteht sich von selbst, dass auch hier die Temperatur-Einwirkung für sich zu berücksichtigen ist. — Kommt es darauf an, sehr kleine Flächen zu verdunkeln, so kann man die entsprechend grossen Stücke von schwarzem Papier einfach auf dem Object festkleben. Natürlich haben derartige Versuche nur dann Beweiskraft, wenn die allgemeine Wirkung des Lichtes schon anderweitig festgestellt ist.

Handelt es sich darum, ganze Längshälften eines Objectes ungleich zu beleuchten, so ist auch in diesem Falle das Verfahren ein sehr einfaches. Stehen die Objecte vertical und frei in der Luft, so genügt bei den empfindlichen schon das blosse Aufstellen in den hinteren, weniger hell beleuchteten Theilen des Zimmers. Dasselbe gilt von Objecten mit horizontaler Stellung, und ebenso lässt sich das Verfahren anwenden für Versuchsstücke, welche in Glashäfen hangen; ja hier ist die Verschiedenheit in der Beleuchtung der vorderen und hinteren Längshälften sehr leicht noch zu erhöhen. — War es erforderlich, die Unterseiten horizontal gerichteter Objecte einem intensiveren Lichte auszusetzen, als die Oberseiten, so wurden dieselben auf ein Brett gestellt, das un-

mittelbar über einem südwestwärts gerichteten Fenster eines Zimmers im Bonner botanischen Institut angebracht war, und von welchem aus die zu exponirenden Theile frei in die Luft ragten, und von unten die stärkste Beleuchtung empfingen. Mussten die Versuchsstücke in wasserdampfhaltiger Luft vegetiren, so wurden sie unter dem Deckel grosser Abdampfschalen aufgehängt, welche eine ähnliche Herrichtung erfahren hatten, wie die oben beschriebenen Glashäfen. Diese Schalen wurden dann auf schmale Leisten gestellt, die auf dem Brett über dem Fenster befestigt waren, und von diesem aus mit ihrem freien Theile vorragten.

Es erübrigt nun noch, das Verfahren darzustellen, nach welchem der Einfluss der Schwerkraft studirt wurde. Um eine etwaige Einwirkung derselben auf vertical gerichtete Objecte nachzuweisen, wurden dieselben theils aufrecht, mit der Spitze nach oben sehend, theils in entgegengesetzter Richtung, verkehrt, aufgehängt, oder in Töpfe gepflanzt. — In ähnlicher Weise wurde der Einfluss der Schwerkraft auf horizontal und unter Winkeln von sehr verschiedener Neigung gelegte Objecte untersucht. — Sollten endlich die wachsenden Versuchsstücke dem einseitigen Einfluss der Schwerkraft entzogen werden, so wurden sie dem von *Sachs* [1]) eingeführten Verfahren der langsamen Rotation um eine horizontale Axe ausgesetzt. Der betreffende Apparat war so eingerichtet, dass die Axe in etwa 30 Minuten eine Drehung ausführte, die Bewegung also so langsam war, dass keine Centrifugal-Wirkung zu Stande kommen konnte. Da ein specielles Eingehen auf den Gegenstand ohne die Darstellung der Versuche nicht wohl möglich ist, so verweise ich hinsichtlich alles Weiteren auf den betreffenden Abschnitt der nachfolgenden Untersuchung.

Mit den gegebenen Bemerkungen über die am häufigsten benutzten Versuchs-Arten wollen wir uns vorläufig begnügen mit dem Hinweis darauf, dass überall da, wo ein genaues und weiteres Eingehen erforderlich scheint, der Gang der Special-Untersuchung dasselbe bringen wird.

Mit den vorstehenden Erörterungen ist allerdings nur die Methode der Untersuchung des Einflusses der äusseren und mehr oder weniger vollständig in unserer Gewalt befindlichen Agentien

[1]) *J. Sachs.* Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. — Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg. Bd. I. S. 389. Leipzig, 1874.

berührt; des schwierigeren Theiles, des Studiums der inneren Kräfte, ist dabei kaum gedacht. Und in der That lassen sich dafür schwerlich allgemeine Regeln geben; jede Untersuchung erfordert ihre eigenen und die ihrer specifischen Aufgabe entsprechenden. Was vor Allem erforderlich, ist eine möglichst genaue Kenntniss des morphologischen Aufbaues der dem Experiment zu unterwerfenden Objecte, und die Wahl solcher, welche möglichst einfach gebaut sind. Denn in den meisten Fällen gesellt sich zu dem zu untersuchenden inneren Einfluss noch eine oder mehrere weitere innere Ursachen, deren Wirkungen die der ersteren mehr oder weniger aufheben und verdecken können. Im Allgemeinen ist man diesen störenden Momenten um so mehr ausgesetzt, je complicirter der Bau des Objectes ist. — Es ergiebt sich daraus die Regel, für jede auf einen speciellen Zweck gerichtete Untersuchung zunächst eine ganze Reihe von Vorversuchen mit verschiedenen Objecten anzustellen, und aus diesen das günstigste zu wählen, mit welchem dann die eigentliche Arbeit erst beginnt. Freilich bringt dieses Verfahren einen grossen Zeitverlust mit sich; allein jeder, der sich ernstlich mit der Erforschung der fraglichen Erscheinungen beschäftigt, wird bald die Nothwendigkeit einsehen, sich demselben zu unterwerfen. Die Nichtberücksichtigung des erwähnten Umstandes rächt sich gewöhnlich an den Resultaten und den daraus gezogenen Schlüssen in bitterster Art; eine Behauptung, für welche die Literatur, und zwar speciell die des hier behandelten Gegenstandes, zahlreiche Belege darbietet. „Es giebt keinen Königsweg zur Mathematik.“ Mit demselben Rechte kann man sagen, es giebt keinen Königsweg zur Entdeckung physiologischer Wahrheiten.

Es seien nun noch ein paar Bemerkungen über einige im Nachfolgenden am häufigsten gebrauchte technische Ausdrücke gemacht.

An jedem der gröberen Glieder einer Pflanze unterscheidet man mit Leichtigkeit zwei entgegengesetzte Enden, die Spitze oder den Scheitel und die Basis. Die erstere wird durch die Richtung bedingt, in welcher das Wachsthum des Gebildes erfolgt oder stattgefunden hat; die letztere durch den Ort, von welchem aus das Wachsthum vor sich geht. Für jedes Blatt, jeden Spross und jede Seitenwurzel ergeben sich demnach Spitze und Basis ohne Weiteres; für den Hauptstamm und die Haupt-

wurzel fallen die beiden Basen zusammen, etwa im Wurzelhals. — Am Spross bedingt die Wachsthumsrichtung auch die Anlage und Richtung der normalen Achselsprosse; die Längsaxe und Wachsthumsrichtung der letzteren bildet mit der des Muttersprosses einen Winkel, der gewöhnlich beträchtlich unter 90° bleibt und nur selten diese Grösse erreicht. — Dagegen weichen die Anlagen der Seitenwurzeln den veränderten Verhältnissen entsprechend in ihrer Richtung von der der Hauptwurzel gewöhnlich um 90° ab.

Neben der eben gekennzeichneten Terminologie, die in der vorliegenden Arbeit benutzt werden soll, lässt sich noch eine andere aufstellen. Wie wir später zeigen werden, verhalten sich nämlich die Spitze des Zweiges und die Basis der Wurzel hinsichtlich der an ihnen erzeugten Neubildungen gleich; beide produciren Sprosse. In entsprechender Weise bethätigen sich die Basis des Zweiges und die Spitze der Wurzel; beide erzeugen Wurzeln. — Will man auf dieses physiologische Moment den Nachdruck legen, und die Natur der Neubildungen der Bezeichnung zu Grunde legen, so gelten für den Zweig die oben gegebenen morphologischen Definitionen, an der Wurzel aber wechseln sie sich; die Spitze wird hier zur Basis und umgekehrt die Basis zur Spitze. — Nach dieser Bezeichnung erzeugt die Spitze eines Gebildes stets Sprosse, die Basis stets Wurzeln; während nach der morphologischen Terminologie Wurzel und Spross an ihren Spitzen immer das Gleichartige, an den Basen das Ungleichartige hervorbringen[1]). — Für gewöhnlich werden wir uns, wie erwähnt, der letzteren Bezeichnung bedienen; da, wo die physiologische Anwendung findet, wird dies stets besonders hervorgehoben werden. — Es sei hier übrigens gleich bemerkt, dass man beim Blatt mit der physiologischen Bezeichnungsart in ein schwieriges Dilemma insofern geräth, als hier Spitze und Basis bezüglich der erzeugten Producte zusammenfallen. Die morphologische Basis des Blattes producirt nämlich Beides, Spross und Wurzel, während die Spitze

---

[1]) In der ersten kurzen Mittheilung über meine Untersuchungen (vergl. Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Sitzung vom 3. Jan. 1876) bediente ich mich stets der physiologischen Bezeichnungsart. Inzwischen habe ich mich überzeugt, dass es rathsamer ist, die morphologische zu gebrauchen, und es findet desshalb hier meistens die letztere Anwendung.

unthätig bleibt. Das Nähere hierüber wolle man in dem entsprechenden Theile der Arbeit selbst nachsehen.

Es sei ferner bemerkt, dass ein Object aufrecht steht oder hängt, wenn seine Spitze nach oben, seine Basis nach unten gerichtet ist; verkehrt oder invers hängt oder steht es dagegen, wenn die Basis nach oben und die Spitze nach unten sieht. Der Ausdruck horizontal, und in dieser Lage das Oben und Unten, die Ober- und Unterseite, haben die gebräuchliche Bedeutung dieser Bezeichnungen.

Die Ausdrücke Knospe und Auge gebrauche ich in gleichbedeutendem Sinne. Um für die Knospen verschiedener Dignität kurze Bezeichnungen zu haben, nenne ich die erste in der Achsel eines Blattes auftretende die primäre Achselknospe. Erzeugt diese schon früh in den Achseln ihrer ersten Blätter Tochtergebilde gleicher Art, so nennen wir sie secundäre, und die Tochtersprosse dieser endlich tertiäre Achselknospen. — Dieselben Bezeichnungen gelten auch für den Fall, dass in der Blattachsel accessorische Sprosse gebildet werden. Die erste neben, unter oder über dem Hauptspross stehende Knospe ist eine secundäre, die folgende eine tertiäre u. s. w.

Spitze und Basis an Spross, Wurzel und Blatt.

A. Spitze und Basis am Spross.

Das Studium der fundamentalen Eigenschaften des Sprosses wollen wir mit holzigen Pflanzen beginnen. Am geeignetsten dazu erweisen sich im Allgemeinen die Zweige verschiedener Weidenarten, welche ja schon seit Jahrhunderten zu physiologischen Zwecken verwerthet worden sind.

a. Versuche mit Weidenzweigen.

Die verschiedenen Arten, welche wir dem Experiment unterwerfen werden, verhalten sich zwar im Wesentlichen gleich, weichen aber im Einzelnen mannigfach von einander ab. In erster Linie in Anwendung kommt eine besondere Form von Salix viminalis, von der der Bonner botanische Garten ein grosses Exemplar besitzt, und die wegen gewisser Eigenschaften besonders zu schätzen ist; auf diese folgen S. pruinosa, nigricans, aurita, vitellina u. A.

Die für uns erheblichen morphologischen Momente der genannten und wahrscheinlich der meisten Weidenarten sind folgende. Der Stamm hat normalen dicotylen Bau; es sind weder im Mark einzelne Bündel vorhanden, noch haben die Stränge des normalen Holzkörpers innere Weichbastbündel. — Die Blätter stehen einzeln in Spiralstellung; Knotenbildung kommt nicht vor. Jedes Blatt führt einen Achselspross; eine Bildung accessorischer Sprosse findet nicht statt. Die beiden ersten Seitenknospen des Achselsprosses entwickeln sich schon früh, und stehen häufig wie accessorische Knospen neben dem Muttertspross. Gewöhnlich sind die Basal-Augen an einem Weidenzweige klein und stehen gedrängt beisammen; an sie schliessen sich Knospen von stärkerer Ent-

wickelung, bis rasch die normale Grösse und gegenseitige Entfernung derselben erreicht ist, welche dann auf der ganzen mittleren Länge des Zweiges ziemlich constant bleibt. Fast an der Spitze desselben, zumal dann, wenn diese, wie es bei manchen Arten der Fall, stark verdünnt ausläuft, werden die Knospen wieder kleiner, oder gehen in Blüthenknospen über. — Von besonderer Bedeutung für uns ist der Umstand, dass in der Rinde der Zweige Wurzelanlagen verborgen sind. Dieselben sitzen als schwach vorgewölbte Hügel unter der primären Rinde, heben dieselbe aber nur so wenig empor, dass äusserlich davon nichts zu sehen ist. Mit ziemlicher Regelmässigkeit findet man diese Adventiv-Wurzel-Anlagen auf beiden Seiten der Achselsprosse, gewöhnlich etwas tiefer, als die untere Grenze der Ansatzstelle der letzteren. In Fig. 2 ist der Ort der Anlagen durch die ausgewachsenen Wurzeln an einem Zweigstück von Salix viminalis angedeutet. Bei einzelnen Arten stehen sie hier einzeln, bei anderen, wie bei S. vitellina, pruinosa u. A. zu zweien oder gar zu drei bis vier in Längsreihen. — Ausser an diesen Orten finden sich die Anlagen häufig einzeln, seltener zu mehreren, über und unter den Achselsprossen in meist geringer, doch wechselnder Entfernung; und endlich treten sie noch an beliebigen nicht näher zu bestimmenden Orten mehr oder weniger fern von den Achselsprossen auf. — Das beim ersten Anblick sehr auffallende und biologisch höchst merkwürdige Vorkommen dieser Wurzelanlagen an Orten, wo sie in der Regel doch niemals zu weiterer Entwickelung gelangen, ist schon vor langer Zeit von *Trécul*[1]) bei Salix vitellina beobachtet worden. Sowohl die Anlagen, wie der Ort derselben sind von ihm richtig beschrieben; allein man hat seine Angaben, wie es scheint, gänzlich übersehen. In einem Punkte sind jedoch die Trécul'schen Beobachtungen zu ergänzen. Die Anlagen sollen nur an zwei-, seltener an einjährigen Zweigen vorkommen. Ich finde sie dagegen schon an nur

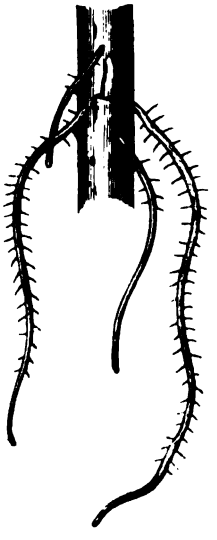


Fig. 2.

[1]) *Trécul.* Recherches sur l'origine des Racines. Annales des sciences natur., III. série. Botanique. T. VI. Paris 1846. S. 333.

3—4 Monate alten kräftigen Zweigen von S. viminalis, pruinosa u. A. Ja ich glaube annehmen zu dürfen, dass dieselben schon an ganz jungen noch unverholzten Zweigen vorhanden, aber so klein sind, dass ihr Auffinden mit Schwierigkeit verbunden ist. Und zwar schliesse ich dies aus der Thatsache, dass bei einzelnen meiner Wasser-Culturen schon aus noch ganz jungen Zweigen, selbst solchen, die vergeilt waren, an den bezeichneten Orten, zumal unmittelbar über den Achselsprossen, zarte Wurzeln hervorwuchsen. Selbst wenn die mikroskopische Untersuchung nicht im Stande sein sollte, hier Anlagen direct nachzuweisen, so würde man doch zu der Annahme gezwungen sein, dass der morphologische Ort derselben in dem ihnen den Ursprung gebenden Zellgewebe schon bestimmt sei; und dies würde, wenigstens vom physiologischen Standpunkte aus, sichtbaren Anlagen nahezu gleich kommen.

Nach diesen nöthigen Vorbemerkungen wollen wir die Versuchsreihe damit beginnen, dass wir im Monat Juli oder Ende Juni kräftige, senkrecht gewachsene diesjährige Zweige von Salix viminalis oder pruinosa auswählen. Nachdem sämmtliche Blätter bis auf ihre Ansatzstellen entfernt sind, werden die Zweige in Stücke geschnitten, die je nach der Höhe der anzuwendenden Glashäfen eine Länge von 20—22 oder von 38—40 Ctm. haben. Es werden nur solche Stücke zum Versuche genommen, deren Achselsprosse auf der ganzen Länge derselben möglichst gleichartig entwickelt sind; die Basal-Theile der Zweige fallen daher fort, und ebenso werden zunächst die Spitzen vom Versuche ausgeschlossen. Stücke der erwähnten Art werden nun in der oben beschriebenen Art vertical-aufrecht im Glashafen aufgehängt, und dieser völlig finster gestellt. — Bei genügend hoher Temperatur gewahren wir schon nach Verlauf von 3—4 Tagen nahe über der basalen Schnittfläche der Zweige kleine Anschwellungen, welche rasch die Rinde durchbrechen, und zu Wurzeln auswachsen. (Fig. 3. a die Spitze; b die Basis des Zweigstückes.) Befindet sich unmittelbar über der Schnittfläche ein Auge, so zeigen sich gewöhnlich neben, unter oder über diesem die ersten Anlagen; ausser diesen entstehen meist noch weitere rings um den Zweig über der Schnittfläche. Wurde dagegen der Schnitt durch eine tiefere Region des Internodiums, wenig über einem Auge, geführt, so bilden sich die Wurzeln vorwiegend oder nur dicht über der Schnittfläche, während an dem höher gelegenen Auge keine oder

spärliche entstehen. Ein ähnliches Verhältniss findet statt in Bezug auf die Stärke der sich bildenden Wurzeln. Bei unmittelbar über dem Schnitt stehendem Auge bilden sich die in der Nähe desselben befindlichen am kräftigsten aus; ist das Auge weiter von der Schnittfläche entfernt, so wachsen eine oder einige der über der letzteren befindlichen zu den stärksten heran. — In der Regel entsteht an der basalen Schnittfläche in der Cambial-Region ein mehr oder minder kräftiger Callus; und nicht selten kommt es vor, dass auch aus diesem eine oder selbst mehrere Wurzeln hervorgehen. Die letzteren sind in ihrer Wachsthumsrichtung nicht constant; es kommt vor, dass dieselbe mit der Längsaxe des Zweiges zusammenfällt, während sie in anderen Fällen mehr oder weniger davon abweicht. Diejenigen Wurzeln dagegen, welche aus der Rinde entspringen, stehen mit ihrer Wachsthumsrichtung ziemlich regelmässig senkrecht auf der Längsaxe des Zweiges.

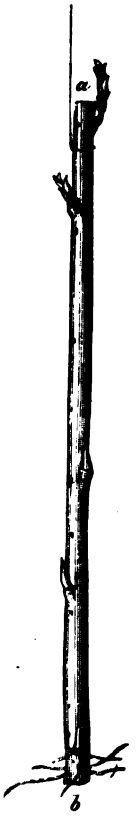


Fig. 3.

Während dieser Vorgänge an der Basis entwickeln sich an dem entgegengesetzten Ende des Zweiges, an seiner Spitze, die dort vorhandenen Knospen. Je nach der Länge und Stärke des Zweiges, sind es 1, 2 bis 5 und selbst noch mehr Augen, welche auswachsen; und zwar geschieht dies in der Regel derart, dass das äusserste sich am kräftigsten entwickelt, und dass ihm das zweite und die dann kommenden mit abnehmender Stärke folgen. Zwischen dem untersten auswachsenden Auge und der höchst gelegenen Wurzel hat der Zweig eine mehr oder weniger beträchtliche Strecke, die sich indifferent verhält; an ihr werden weder Triebe noch Wurzeln entwickelt. Ausnahmen von der angegebenen Regel, welche bezüglich des Auswachsens der Knospen nicht selten vorkommen, werden später ihre Erklärung finden.

In den eben geschilderten Verhältnissen haben wir zwei verschiedene Processe vor uns. Die jungen Triebe, welche an der Spitze der Zweige gebildet werden, waren beim Beginn des Versuches in der Form von Knospen vorhanden, die schon früher angelegt, aber in Ruhezustand übergegangen waren; sie sind nur

eine Ausbildung schon vorhandener Theile. Dasselbe gilt für diejenigen Wurzeln, welche in der Nähe des oder der Augen an der Basis stehen; es trifft aber nicht zu für die meisten derjenigen, welche, manchmal in beträchtlicher Zahl, fern von Augen über der Schnittfläche erzeugt werden. Diese können vielmehr nur echte, erst während der Versuchsdauer entstandene Neubildungen sein. Denn sollten auch sie schon in der Form ruhender Anlagen vorhanden gewesen sein, so müsste man jeden vom Strauche entnommenen Zweig des betreffenden Alters unter seiner inneren Rinde der ganzen Länge nach mit Wurzelanlagen bedeckt finden. Dies ist aber thatsächlich nicht der Fall; ausser an den früher genannten Orten treten die Anlagen nur sehr vereinzelt am Internodium auf. In Anbetracht derjenigen Wurzeln, welche aus dem Callus an der Basis entspringen, ist zu bemerken, dass auch bei ihnen zweierlei Formen zu unterscheiden sind. Es kann nämlich der Schnitt eine vorhandene Wurzelanlage seitlich getroffen haben; dann wächst dieselbe, wenn sie nicht zu Grunde geht, in schräger Richtung aus dem Callus hervor, meist einen beträchtlich grossen Winkel mit der Längsaxe des Zweiges bildend. In diesem Falle haben wir gleichfalls nur die Ausbildung einer schon vorhandenen Anlage. Es kann aber auch die Wurzel eine wahre Neubildung im Callus sein; dann fällt ihre Wachsthumsrichtung mit der Längsaxe des Zweiges zusammen, oder weicht nur wenig davon ab.

Schon aus dem eben Angeführten ergiebt sich die wichtige Thatsache, — die aber in der Folge noch bestimmter gezeigt werden wird, — dass es derselbe Impuls ist, welcher an der Basis unsrer Zweige die Ausbildung schon vorhandener Anlagen, wie die völlige Neubildung von solchen und deren Auswachsen bewirkt. — Der Einfluss dieses Impulses beschränkt sich an der Basis auf die Schnittfläche und die Nähe derselben, insofern nur an diesen Orten Wurzeln auswachsen. — An der Spitze werden keine völligen Neubildungen erzeugt, allein hier erstreckt sich die Wirkung des Impulses meist auf einen grösseren Raum, indem gewöhnlich mehr als ein Auge auswachsen, die auf eine längere Strecke vertheilt sind. Doch ist, wie erwähnt, das apicale in der Regel das stärkste; und es kommt nicht selten, besonders an ganz jungen Zweigstücken vor, dass es nur dieses allein, oder mit ihm das zweite ist, welches sich entwickelt.

In dem eben angestellten Versuch war der Einfluss aller äuseren Agentien gleichförmig bis auf die Wirkung der Schwerkraft, die nicht ausgeschlossen war. Da diese Kraft bekanntlich einen entgegengesetzten Einfluss auf die Wachsthumsrichtung von Stamm und Wurzel ausübt, so wäre es nicht unmöglich, dass sie einen analogen Effect an unsren Zweigen hervorbrächte; es wäre denkbar, dass sie das Auswachsen der Knospen an der Spitze und die Anlage und Ausbildung der Wurzeln an der Basis bewirkte. Geschähe dies, so hätten wir zwei Erscheinungen, welche den als positiver und negativer Geotropismus bekannten parallel liefen. — Um in dieser Frage Klarheit zu erlangen, machen wir schon jetzt einen Versuch, dessen genauere Besprechung erst in ein späteres Kapitel gehört. Wir bringen nämlich die Zweige in genau dieselben Verhältnisse wie früher, nur mit dem Unterschiede, dass wir sie umgekehrt, mit der Basis nach oben gerichtet, aufhängen. Ist die Schwere die Ursache der vorhin erörterten Erscheinungen, so müssen sich jetzt an der Spitze Wurzeln bilden, während an der Basis Augen zu Trieben auswachsen. — Allein der Versuch bestätigt diese Erwartung nicht. Es ergiebt sich vielmehr das Resultat, dass die Zweige nach wie vor an der Spitze Triebe, an der Basis Wurzeln erzeugen. Zwar kommen hin und wieder Ausnahmen vor insofern, als auch Augen auswachsen, welche der Basis näher stehen, — Ausnahmen, die später genauer erörtert werden sollen, — allein im Ganzen ist das Verhalten der verkehrt hängenden Zweige ebenso, wie das der aufrecht hängenden im ersten Versuche.

Aus dem eben Angeführten folgt, dass die Schwerkraft nicht die unmittelbare Ursache der fraglichen Erscheinung sein kann. Da ausserdem die Wirkung des Lichtes ausgeschlossen war, und die nothwendigen äusseren Lebensbedingungen auf alle Theile der Zweige gleichförmig einwirkten, so sind wir zu dem Schluss gezwungen, dass jene Eigenthümlichkeit dem Zweige inhärent, dass sie ihm durch Vererbung überkommen ist. Die Kraft, vermöge deren der Zweig an seiner Spitze Triebe, an seiner Basis Wurzeln bildet, gehört zu denjenigen Kräften, welche wir früher als morphologische, in dem Aufbau des Organismus begründete, bezeichnet haben; und die sich zunächst nicht weiter zerlegen lassen. — Ob die fragliche innere Kraft eine einfache, oder, was wahrscheinlicher, die Resultirende aus einer ganzen Summe von

Ursachen ist, bleibt vorläufig dahingestellt. Für unsre nächsten Zwecke genügt es, dass sie als eine durch ihre Wirkung bestimmt umschriebene Kraft auftritt, und sich wie jede einfache physikalische dem Experiment unterwerfen lässt.

Wir wollen nun zunächst eine etwas veränderte Wirkung unsrer inneren Kraft studiren. Zu dem Zwecke wählen wir ältere Zweige, und stellen den Versuch zu einer andern Jahreszeit an. Es werden im Monat März vor dem Austrieb der Knospen kräftige Zweige von Salix viminalis [1]) mit einem Durchmesser von 8 bis 12 Mill. gewählt und in Stücke von der früher erwähnten Länge geschnitten. Unter diesen wählen wir wieder nur solche aus, welche mit möglichst gleichstark entwickelten primären Laubknospen besetzt sind; Zweige mit Blüthenständen werden vorläufig völlig vermieden. Solche Zweige, wenn sie denselben Bedingungen ausgesetzt werden, wie früher die jüngern, zeigen ein etwas abweichendes Verhalten. (Fig. 4, a die Spitze, b die Basis des Stückes.) Sie lassen nämlich, wie sich aus der Stellung der Wurzeln in der Nähe der Augen schliessen lässt, vorwiegend oder nur solche auswachsen, welche schon vor Beginn des Versuches als Anlagen vorhanden waren. Die Zahl der sich ausbildenden Wurzeln ist beträchtlicher, als an den jungen

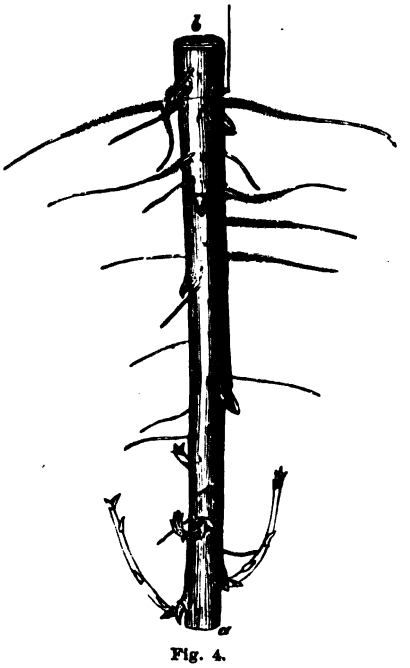


Fig. 4.

[1]) Salix viminalis kommt an verschiedenen Orten in wenn auch nur schwach ausgeprägten Varietäten vor. Sämmtliche Zweige, die ich von dieser Art benutzte, stammten, wie schon angedeutet, von einem kräftigen Strauche des Bonner botanischen Gartens, den ich auf seine Wuchseigenthümlichkeiten hin genau studirt hatte. Jener Strauch gehört zu derjenigen Form, deren junge Zweige eine gelblich-grüne Farbe, und deren Blätter nicht stark wellig gebogene Ränder besitzen.

Zweigen; und es sind dieselben nicht nur auf die Basis der letzteren beschränkt, sondern sie treten auf nahezu der ganzen Länge der Zweige, bis fast zur Spitze, auf. Dabei zeigen sie jedoch ein bemerkenswerthes Verhalten. Es nimmt nämlich sowohl ihre Zahl, als auch die Länge und Stärke der einzelnen von der Basis nach der Spitze des Zweiges hin allmälig ab. An den Augen der Zweigbasis wächst in der Regel die Vollzahl der ringsum dieselben und in der Rinde zerstreut vorhandenen Anlagen aus; an den darauf folgenden Knospen fehlt zunächst die eine oder andere Anlage; dann fehlen zwei, bis sie weiterhin nur ganz vereinzelt auftreten, und endlich in der Nähe der Apical-Augen gänzlich fehlen. — Ebenso nimmt die Länge und Stärke der einzelnen Wurzeln ab. Die Anlagen in der Nähe der Basal-Augen erfahren eine kräftige Ausbildung; meist sind es eines oder zwei, welche sich durch besondere Stärke auszeichnen; von da aus werden sie nach der Spitze hin immer schwächer und kürzer.

Dass die an diesen jährigen Zweigen auftretenden Wurzeln sämmtlich oder doch in weitaus grösserer Zahl als Anlagen vorhanden waren, lässt sich, wie erwähnt, daraus schliessen, dass sie hinsichtlich ihres Ortes mit den sonst direct in der Rinde beobachteten Anlagen zusammenfallen; sodann aber auch daraus, dass, wenn man unter dem letzten Auge an der Basis noch ein möglichst langes Internodialstück stehen lässt, an diesem nicht, wie an den jungen Zweigen, unmittelbar über der Schnittfläche ein Kranz von Wurzeln erzeugt wird, sondern dass die letzteren hier höchstens ganz vereinzelt, entsprechend der etwa vorhandenen Zahl von Anlagen, auftreten.

Während in der eben geschilderten Art die Wurzeln entstehen, geht ein paralleler, aber umgekehrter Process hinsichtlich der Knospen vor sich. Die Länge und Stärke der Triebe nimmt von der Spitze nach der Basis allmälig ab; auch sie wachsen meist bis über die Mitte der Zweige hinaus aus, und nur die basalen bleiben im Ruhezustande.

Vergleicht man das eben beschriebene Verhalten der älteren und jüngeren Zweige, so wird der Schluss nahe gelegt, dass die Ursache der reicheren Productionsfähigkeit der älteren Zweige in dem beträchtlicheren Quantum von Reservestoffen beruhe, welches in ihnen enthalten ist. Es ist höchst wahrscheinlich, dass in der

That dieser Umstand einen Einfluss auf die Stärke. Länge und selbst Zahl der Wurzeln hat, allein sehr unwahrscheinlich, dass dadurch auch der Ort und die Art des Entstehens derselben mit bestimmt werden. Dass die Wurzeln an den jungen Zweigen vorwiegend unmittelbar an der Basis erzeugt werden, und, wenigstens zum grösseren Theile, reine Neubildungen sind, kann schwerlich durch den geringeren Reichthum an Nährstoffen verursacht werden. Dieser könnte sich nicht nur, sondern müsste sich sogar aller Wahrscheinlichkeit nach darin äussern, dass die auswachsenden Organe auf einem früheren Entwickelungs-Stadium stehen blieben; allein es ist nicht abzusehen, wie bei überhaupt vorhandenen Nährstoffen bloss die grössere oder geringere Quantität derselben auf den Modus der reinen Neubildung oder den ersten Anstoss zum Anwachsen vorhandener Anlagen einwirken sollte. Es wird hierfür jedenfalls nach einer anderen Erklärung zu suchen sein.

Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht noch ein direct dazu angestelltes Experiment. Nimmt man nämlich im Monat Juli oder August Stücke kräftiger vorigjähriger Zweige aus deren unteren Partieen, an denen die Knospen im Frühjahr nicht ausgewachsen sind, und hängt sie im Glashafen auf, so produciren dieselben ebenfalls Wurzeln, aber in meist beträchtlich geringerer Zahl, als im Frühjahr. Ein paar stärkere stehen gewöhnlich in der Nähe der Basalaugen, und bei der Bildung der letzteren kann es überhaupt bewendet bleiben; in anderen Fällen dagegen treten vereinzelte Wurzeln auch auf der halben (basalen), oder auch auf der ganzen Länge der Zweige auf. In allen Fällen aber beobachtet man neben diesen ausgebildeten Wurzeln noch eine Anzahl von Anlagen, die eben die Rinde durchbrechen oder nur hügelartig emporheben, ohne es bis zum völligen Durchbruch zu bringen. Ihren Stellungen nach zu urtheilen, sind diese Anschwellungen, wie die ausgebildeten Wurzeln, nicht reine Neubildungen, sondern nur Ausbildungen der in der Rinde versteckten Anlagen. — Die Anzahl dieser Anschwellungen aber nimmt von der Basis der Zweige nach der Spitze hin ab; und es verhalten sich dieselben hinsichtlich der ersten Stadien des Auswachsens von Wurzelanlagen ähnlich denen, welche im Frühjahr geschnitten wurden. Der Umstand dagegen, dass nur so wenige Anlagen es zu weiterer Entwickelung bringen, dürfte wesentlich auf dem geringeren Quantum der vorhandenen Nährstoffe beruhen. — Ausdrücklich sei noch

darauf hingewiesen, dass, wenn man junge kräftige Zweigstücke im Monat Juli oder Ende Juni wählt, die Wurzeln fast nur unmittelbar an der Basis gebildet werden, und dass sonst keinerlei Anschwellungen die Rinde in sichtbarer Weise emporheben. Macht man denselben Versuch dagegen einen oder zwei Monate später, dann werden die Wurzeln nicht nur vorwiegend in der Nähe der Augen gebildet, auch wenn diese nicht unmittelbar über der Basis liegen, sondern es treten auch in höher gelegenen Regionen schon vereinzelt Wurzelanschwellungen unter der Rinde auf.

Ehe wir die angeregte Frage nach dem Einfluss des Alters der Zweige auf die Bildung der Organe weiter verfolgen, wollen wir noch ein weiteres, für unseren Gedankengang nothwendiges Experiment anstellen, obwohl sich das Resultat desselben mit Sicherheit voraussehen lässt. In allen bisherigen Versuchen waren die verwendeten Zweigstücke ihrer ganzen Länge nach möglichst gleichförmig ausgebildet; beide Enden waren durch gerade Schnittflächen begrenzt, und alle vorhandenen Augen möglichst ebenmässig entwickelt. — Wir wählen nunmehr im Monat Juni oder Juli kräftige, junge, noch lebhaft vegetirende Zweige, schneiden aber nicht die mittleren Stücke heraus, sondern nehmen gerade die Apical-Theile mit den noch wachsenden Vegetationspunkten zum Versuch. Natürlich muss dieser mit einiger Vorsicht angestellt werden. Sämmtliche Blätter werden bis auf die in unmittelbarer Nähe der Spitze befindlichen entfernt, und die Zweige vor Beginn des Versuches so lange in Wasser gelegt, bis sie mit demselben möglichst getränkt sind. Auch müssen die Zweige eine beträchtlichere Länge haben, weil sie sonst leicht zu Grunde gehen; in unserem Versuche sind sie 40—42 Ctm. lang. — Als Resultat dieses Versuches ergiebt sich, dass, während die Spitze des Zweiges etwas in die Länge wächst, an der Basis unmittelbar über der Schnittfläche ein Kranz von Wurzeln erzeugt wird. In Bezug auf die Basis zeigen diese Zweige also ein gleiches Verhalten, wie die früher gewählten jungen Stücke; sie weichen aber hinsichtlich der Spitzen von ihnen ab. Und zwar besteht der Unterschied darin, dass im gegenwärtigen Falle die morphologische Spitze, der Vegetationspunkt der Axe, selbst wächst, die Ausbildung von Achselsprossen unterbleibt; während in dem früheren nur seitliche Bildungen auswuchsen, welche der Spitze nahe standen. In dem früheren Versuch waren sowohl Wurzeln als Triebe seitlich von

UNIV... CALIF...

der Hauptaxe gestellt, und divergirten in ihrer Richtung mehr oder weniger von der letzteren; im gegenwärtigen gilt dies nur von den an der Basis stehenden Wurzeln, während das apicale Wachsthum in die directe Verlängerung der Hauptaxe fällt. — Es folgt aus dieser Thatsache, dass die Erzeugung seitlicher Gebilde an der Basis keineswegs die Production entsprechender ebenfalls seitlicher Gebilde an der Spitze bedingt, sondern dass mit jener eine directe Verlängerung der Hauptaxe verbunden sein kann. Dasselbe gilt aber, wie wir später sehen werden, für den umgekehrten Fall, in welchem das basale Ende, die Wurzel, ungestört wächst, während an der Spitze seitliche Bildungen das Wachsthum fortsetzen.

Die ganze vorliegende Untersuchung beruht auf der „wunderbaren" Fähigkeit des pflanzlichen Organismus, jener vis medicatrix der älteren Physiologen, vermöge deren er Verwundungen heilen, und gewaltsam entrissene, physiologisch wichtige Organe, — deren Entfernung übrigens auch nur eine Verwundung darstellt, — wieder erzeugen kann. — Eine Zweigspitze, vom Baum entfernt, ist ihres Zusammenhanges mit der Wurzel beraubt, oder, was physiologisch dasselbe ist, es sind ihr die Wurzeln genommen. Die Folge davon ist, dass sie das Fehlende sofort zu ergänzen sucht: sie erzeugt neue Wurzeln und zwar an dem Orte, an welchem die Verbindung mit der Wurzel des Mutterstockes abgeschnitten wurde, an ihrer Basis. Hierbei wird der apicale Vegetationspunkt des Zweiges erhalten und wächst ungestört weiter; die Neubildungen an Spitze und Basis sind ihrem morphologischen Ort nach ungleichwerthig. — Nehmen wir dagegen ein Stück aus der Mitte des Zweiges, so fehlt demselben Beides, die Spitze des Sprosses und die Wurzel. Nun wird Beides ersetzt: es bilden sich Wurzeln an der Basis und Triebe an der Spitze; von diesen ist es meist der apicale, welcher am stärksten wächst, und, wie wir später sehen werden, zumal am Baume, die Wachsthumsrichtung einschlägt, welche früher die wachsende Spitze einnahm. — In diesem Falle sind die Bildungen an Spitze und Basis gleichwerthig; beide stehen seitlich an der Mutteraxe.

Sobald wir also einen Zweig oder ein Stück desselben vom Mutterstamme trennen, werden in ihm besondere Kräfte wach. Die Wirkung dieser Kräfte äussert sich in entgegengesetzten Richtungen, an Spitze und Basis; sie fällt zusammen mit den

beiden normalen entgegengesetzten Wachsthumsrichtungen an der Pflanze. Allerdings hat der einzelne Zweig am Baume nur eine Wachsthumsrichtung; allein er stellt doch nur einen Theil einer grösseren, gleichsinnig wachsenden Gemeinschaft dar, der ein anderes, die entgegengesetzte Richtung verfolgendes System gegenüber steht. Man kann daher sagen, einem Theile in dem einen System entspreche ein bestimmter in dem anderen, und der Zusammenhang beider werde durch die dazwischen liegenden Stücke des Stammes oder der Wurzel vermittelt; ein Gegenstand, der aber erst im zweiten Theile der Arbeit genauer zu erörtern sein wird. — Nichts erscheint natürlicher, als dass ein mit dem apicalen Vegetationspunkte versehener Zweig an dem dem letzteren entgegengesetzten Ende Wurzeln erzeugt; wir haben aber gesehen, dass dasselbe geschieht, wenn der apicale Vegetationspunkt fehlt. Es schlummern demnach nicht nur im ganzen Zweige, sondern auch in jedem — nach unsern bisherigen Versuchen — grösseren Stücke desselben Kräfte oder eine Kraft, deren Wirkung sich an den entgegengesetzten Enden äussern oder äussert. Dieser Gegenstand bedarf aber noch einer etwas genaueren Verfolgung.

Zunächst empfiehlt es sich, für die Objecte, deren Verhalten wir eben studirt haben, eine passende Benennung einzuführen. Jedes pflanzliche Gebilde, das im Stande ist, die zu seiner Existenz nothwendigen Organe zu erzeugen, oder welches sie schon besitzt, soll fortan als Lebenseinheit oder physiologisches Individuum bezeichnet werden. Ein mit Knospen besetztes Zweigstück oder ein ganzer Zweig, die an ihrer Basis Wurzeln producirt haben, sind demnach Lebenseinheiten. — Wir wollen nun zunächst sehen, was zur Erzeugung solcher Einheiten nothwendig ist, und welche Operationen erforderlich sind, um einen Pflanzentheil in Einheiten zu zerlegen. Zu dem Ende bringen wir an unseren Versuchsobjecten, — es sind hierzu besonders geeignet Stücke von kräftigen, mehrere Monate alten Zweigen von Salix vitellina, welche selbstverständlich auch jetzt nur möglichst gleichentwickelte Primär-Augen führen, — etwa auf halber Länge den sogenannten Ringelschnitt an, d. h. wir machen zwei rings um den Zweig laufende Einschnitte, die bis völlig auf das Holz gehen und ungefähr 5—6 Mill. von einander entfernt sind. (Fig. 5, in der Mitte des Zweigstückes zwischen b und a.) Das gesammte Gewebe zwischen diesen beiden Kreisschnitten, Epidermis, Rinde, Weichbast und

Cambium, wird sodann entfernt, eine Manipulation, die bekanntlich während der Zeit der Saftfülle besonders leicht ist. — So behandelte Objecte, in gewohnter Art aufrecht im Glashafen aufgehängt und möglichst tiefer Finsterniss ausgesetzt, zeigen, dass nunmehr über dem Ringelschnitt an der oberen Wundlippe ein kleiner Wulst, der aber auch fehlen kann, und unmittelbar darüber aus der Rinde ein Kranz von Wurzeln erzeugt wird, während unmittelbar unter dem Schnitt die nächsten Augen auswachsen. (a,a die Spitze; b,b die Basis.) — Es ist demnach durch den Ringelschnitt der Zweig oder das Zweigstück in zwei Lebenseinheiten zerlegt, welche durch eine Brücke von Holz und Mark mit einander verbunden sind. Daraus geht aber klar hervor, dass diese beiden Gewebeformen für die Erzeugung jener Einheiten gleichgültig sind, und dass die letztere ausschliesslich von der Trennung der äusseren Theile der Objecte abhängt. Dass aber auch diese nicht sämmtlich gleichwerthig sind, folgt aus einem weiteren Experiment. Hebt man nämlich nur die Epidermis und die äussere Partie der Rinde ab, lässt aber die innere unversehrt, so verhält sich das Object wie ein in der Mitte unverletztes; es bildet nur eine Spitze und eine Basis. Um zwei Einheiten zu erhalten, bedarf es daher einer localen völligen Entfernung der inneren Rinde, des Weichbastes und des Cambiums, derjenigen Theile, welche vorwiegend die Leiter der plastischen Stoffe darstellen. Die Trennung dieser Gewebe aber, — natürlich unter Verhütung ihres Wiederverwachsens, — kommt einem völligen Durchschneiden des Objectes gleich. Das Vorhandensein von noch ganz oder partiell lebendigem Mark, und ebenso wenigstens theilweise lebendigem Holz unter dem Ringelschnitt kann die Bildung von Lebenseinheiten nicht verhindern.

Fig. 5.

Es liegt nun auf der Hand, dass ebenso, wie ein Object durch einen Ringelschnitt sich in zwei Einheiten zerlegen lässt, durch eine grössere Zahl von Schnitten auch eine grössere Zahl von Einheiten herzustellen ist. Bringen wir 3, 4, 5 oder noch mehr Ringelschnitte an einem etwa 40 Ctm. langen Zweige an, so bilden sich ebenso viele Einheiten, welche durch eine continuirliche Holz- und Markmasse mit einander verbunden sind. Man

kann so die Ringelschnitte näher und näher rücken, bis sie schliesslich nur durch je ein Auge und das zugehörige Internodialstück getrennt sind. Diese beiden stellen dann jedesmal eine Lebenseinheit dar. (Taf. I, Fig. 2.) Es lässt sich dieser Versuch jedoch auf verschiedene Art ausführen. Man kann nämlich, ähnlich wie früher an der Zweigbasis den vollständigen Durchschnitt, so jetzt den Ringelschnitt unmittelbar über oder unter einem Auge anbringen. Im ersteren Falle steht das Auge des über dem Schnitt befindlichen Individuums an der Spitze desselben, im zweiten an seiner Basis. Im ersteren Falle werden gewöhnlich an der Basis eine oder einige kleine Wurzeln oder deren Anschwellungen erzeugt, während die Anlagen neben dem Auge nicht auswachsen; im letzteren bilden sich vor Allem die Anlagen neben dem Auge aus, ausser denen dann manchmal noch weitere über der basalen Schnittfläche entstehen, während an der Spitze ausser einem kleinen Callus, der aber auch fehlen kann, nichts producirt wird. — Dass man bei Ausführung dieses Versuches nicht erwarten darf, sehr lang auswachsende Wurzeln oder Knospen zu erhalten, bedarf kaum der Erwähnung. Das Quantum von Reservestoffen in jeder Lebenseinheit ist, zumal an jungen Zweigen, nur ein geringes, und dementsprechend bleiben auch die Neubildungen nur klein. Die Wurzeln durchbrechen meist eben die Rinde, und die Knospen ihre Schuppen; häufig gelangen die letzteren auch gar nicht zu sichtbarer Entwickelung, wie in dem in der Figur dargestellten Falle.

Wie weit aber auch die Theilung des Zweiges bis jetzt getrieben wurde, immer enthielt jedes Rindenstück, welches durch Ringelschnitte isolirt war, noch wenigstens ein Auge. Es entsteht nun die Frage: was wird geschehen, wenn man blosse Internodial-Stücke durch Ringelschnitte aus dem Zusammenhange löst? Wenn die wiederholt geäusserte Behauptung, die Wurzelbildung an Zweigen sei von den vorhandenen Knospen abhängig, und beginne erst dann, wenn die letzteren ausgewachsen seien, und plastisches Material für jene produciren, — eine Behauptung, die am schärfsten von *Mohl*[1]) ausgesprochen ist, —

[1]) *H. Mohl.* An Herrn Professor *Ernst Meyer.* Linnaea. Bd. XI. Halle, 1837. S. 493. — Dieselbe Behauptung wird von *Moretti* für Zweige von Salix alba aufgestellt. S. *Giucciardi*, Dissert. inaugur. de nonnull. physiologico-botanicis animadversionibus etc. Ticini Regii 1831. Ich habe diese Abhandlung selbst nicht gesehen, sondern citire sie nach *Röper's* Angabe

richtig ist: dann müssen wir annehmen, dass das augenlose Internodialstück keine Neubildungen zu erzeugen im Stande ist. Allein jene Behauptung erweist sich als unrichtig. Der Versuch ergiebt, dass auch das blosse Internodialstück, durch zwei Ringelschnitte von den darüber und darunter gelegenen knospenführenden Theilen getrennt, an seiner basalen Schnittfläche einen kleinen Callus und darüber einige kurze Wurzeln oder deren Anschwellungen hervorbringt. (Taf I, Fig. 2, das Stück unter dem obersten Ringelschnitt und ferner das unterste.) Dagegen bildeten sich keine Adventiv-Knospen an den Spitzen der Stücke, ein Umstand, dessen Ursachen erst später ihre Erörterung finden können.

Aus dem eben Gesagten erhellt, dass der polare Gegensatz zwischen Spitze und Basis, den wir am ganzen Zweige beobachten, nicht nur in jedem grösseren Theile, sondern selbst in jedem knospenlosen Internodialstück vorhanden ist. Der Umstand, dass an der Spitze des letzteren keine Knospen erzeugt werden, bildet keinen Einwurf gegen die Richtigkeit dieser Behauptung. Denn der Gegensatz zwischen Spitze und Basis wird allein schon dadurch documentirt, dass nur an der letzteren und niemals an der ersteren Wurzeln gebildet werden. Ausserdem aber werden wir später Pflanzen kennen lernen, deren Internodien thatsächlich im Stande sind, an ihrem apicalen Theile Adventiv-Knospen zu produciren. — Es würde sich nun darum handeln, wie weit man die Theilung eines Sprosses durch Ringelschnitte treiben kann; ob es gelingt, durch allmälige Näherung der Schnitte nachzuweisen, dass jener Gegensatz selbst noch in einem Querschnitt ruht, der nur die Höhe von der Länge einer intacten Cambialzelle hat. Auf diese Frage lässt sich durch den Versuch keine directe Antwort geben. Die Ringelschnitte lassen sich bis auf wenige Centimeter nähern, ohne dass eine Aenderung in den oben beschriebenen Erscheinungen eintritt, abgesehen davon, dass die Neubildungen immer kleiner werden. Bei noch geringerer Entfernung der Schnitte gewahrt man keine sichtbare Productionen mehr, auch wenn die Stücke sich noch lange Zeit am Leben erhalten. Nähert man die Schnitte einander noch mehr, so gehen die durch sie isolirten Stücke rasch zu Grunde. — Aus diesem

---

in *de Candolle's* Pflanzen-Physiologie. II. Bd. Stuttgart u. Tübingen, 1835. S. 343. Anm. 1.

negativen Resultat aber den Schluss zu ziehen, dass die oben aufgeworfene Frage im verneinenden Sinne zu beantworten sei, wäre durchaus unbegründet. Es ist zu bedenken, dass mit jedem Schnitt rauhe Eingriffe in das Gewebe der Enden eines Stückes stattfinden. Je mehr man aber die Schnitte nähert, um so gefährlicher müssen sie für den Bestand der durch sie gebildeten Einheiten werden. Ganz abgesehen davon reicht endlich auch das in einem Stück von so geringer Grösse vorhandene Material an plastischem Stoff nicht mehr hin, um sichtbare Neubildungen zu erzeugen. Es ist daher klar, dass das Nichtgelingen des Experiments hier nicht den Ausschlag für die Beurtheilung geben kann. Die Gründe aber, welche dazu führen, jene Frage unbedingt zu bejahen, können erst später auseinander gesetzt werden.

Es bedarf kaum noch einer besonderen Erwähnung, dass man ein dem obigen ganz gleiches Resultat erhält, wenn man die einzelnen Stücke, anstatt sie durch Ringelungen zu trennen, vollständig vom Zweige abschneidet. Nimmt man kurze Zweigstücke von Salix vitellina, z. Th. mit Augen, z. Th. blosse Internodien, und stellt dieselben in einen Wasserdampf-gesättigten verdunkelten Raum, so erzeugen sie im ersteren Falle kleine Wurzeln an der Basis, während an der Spitze Augen anschwellen oder wenig auswachsen; im letzteren bilden sich allein an der Basis kleine Wurzeln oder deren Anschwellungen. (Taf. II, Fig. 13. s die Spitze; b die Basis.) — Es ist ferner nach dem früher Gesagten kaum die Bemerkung nothwendig, dass auch alle zuletzt beschriebenen Versuche im Wesentlichen dasselbe Resultat ergeben, wenn man die Objecte verkehrt hängt.

Nachdem wir im Vorstehenden die Theilbarkeit der Weidenzweige senkrecht zu ihrer Längsaxe studirt haben, richtet sich selbstverständlich die nächste Frage dahin, ob eine ähnliche Theilung auch parallel der Längsaxe möglich sei. — Um diese Frage zu beantworten, nimmt man kurze, kräftige Zweigstücke von S. vitellina, die theils zwei, theils ein Auge führen, theils knospenlose Internodial-Stücke sind. Diese Stücke werden nun der Länge nach gespalten, und zwar die einen in zwei, die anderen in vier oder auch in noch mehr Theile, und diese dann in bekannter Art im Wasserdampf-gesättigten Raume aufgehängt. Von solchen Stücken geht eine Anzahl meist rasch zu Grunde; eine andere aber producirt ihre Neubildungen trotz der durch die

Schnitte verursachten Verletzungen. Sind Knospen an den Stücken vorhanden, so wachsen dieselben häufig auf kurze Strecken aus, während an der Basis kleine Wurzeln gebildet werden. Die letzteren kommen allein zum Vorschein, wenn die Stücke keine Augen besitzen.

Ebenso wie man durch Ringelschnitte an einem Zweige Lebenseinheiten über einander erzeugen kann, lassen sich dieselben durch Abheben der Rinde in Längsstreifen auch neben einander hervorrufen. Um z. B. zwei Einheiten neben einander zu bilden, macht man an einem Zweige zwei Ringelschnitte, welche um eine beliebige Zahl von Knospen von einander entfernt sind, und verbindet dieselben durch zwei auf den einander entgegengesetzten Seiten des Zweiges in ähnlicher Weise geführte Längsschnitte. Bei genügender Dicke des Zweiges kann man die beiden Hälften noch einmal durch Abheben zarter Längsstreifen der Rinde theilen. Man erhält dann so viele Lebenseinheiten, als man Rindenstücke isolirt hat, und alle diese Einheiten sitzen dem verbindenden Holzkörper neben einander auf.

Es sind aber diese Erscheinungen noch eines weiteren Studiums fähig, das sich an ein anderes Experiment knüpft. — Kräftige Zweigstücke von S. viminalis und aurita wurden in folgender Art behandelt. In der Mitte jedes Zweigstückes wurde mit einem scharfen Messer ein Einschnitt gemacht, der bis in's Innere des Markes reichte, und Rinde und Holz der entsprechenden Stammhälfte völlig durchschnitt. Sodann wurde von der Seite, an der Grenze des Querschnitts, ein Längsschnitt durch den Zweig geführt, der die intacte Längshälfte desselben von den beiden durch den Querschnitt gebildeten Stücken der anderen Hälfte auf kurze Strecke trennte. Um jede Verwachsung der Schnittflächen zu verhüten, wurden die zuletzt genannten Stücke von der intacten Hälfte etwas abgehoben, und in dieser Lage durch kleine in der Nähe des Querschnittes eingeschobene Holzkeilchen befestigt. (Taf. I, Fig. 1 und 3.) — Es war somit das ganze Zweigstück an seinen beiden Enden unversehrt, während es in der Mitte in drei ungleiche Theile gespalten war. Der Versuch wurde zunächst an vier Zweigen und zwar in folgender Art angestellt. In zwei Fällen wurde der horizontale Einschnitt so geführt, dass an der Hälfte unter demselben, welche eine Spitze darstellte, in seiner nächsten Nähe keine Knospe vorhanden war; während in den

beiden anderen Fällen der Ort des Schnittes so gewählt wurde, dass unmittelbar unter ihm je eine Knospe stand. — Die Zweige wurden im Glashafen und zwar so aufgehängt, dass je einer der beiden in gleicher Weise behandelten aufrecht, der andere verkehrt hing; die ganze Vorrichtung wurde wie alle bisherigen Fälle, einer möglichst vollständigen Dunkelheit ausgesetzt. Die Zeit des Versuches war der Monat August. — Das Resultat, welches sich ergab, war folgendes. An der Basis jedes Zweiges wurden einige Wurzeln gebildet, während an den Spitzen die dort vorhandenen Knospen wenig auswuchsen. Auffallend waren die Verhältnisse in der mittleren Region der Zweige. Jede Basis, welche durch den Querschnitt hergestellt war, erzeugte eine oder mehrere Wurzeln; an den Spitzen dagegen entwickelten sich die Knospen, gleichviel ob. dieselben in unmittelbarer Nähe des Schnittes oder weiter davon entfernt standen. Es wurde somit an jedem Zweigstück ausser der allgemeinen Spitze und der allgemeinen Basis noch je eine besondere Spitze bez. Basis gebildet. (Vergl. die Figuren. Bei b, b die Basen, bei s, s die Spitzen, bei w, w die Wurzeln, bei s, s' die ausgewachsenen Augen. Bei dem Triebe s' kommt als Ursache des Auswachsens zu der Apical-Wirkung wahrscheinlich noch die Nähe des Längsschnittes; ein Umstand, der später seine Besprechung finden wird.)

Die eben beschriebenen Verhältnisse gestalteten sich während eines Zeitraums von etwa 20 Tagen. Im Verlaufe noch weiterer 10 Tage traten einige Veränderungen insofern ein, als erstens an den Zweigen unter den besonderen Spitzen bei w noch einzelne Wurzeln auftraten, und ferner über den besonderen Basen noch Knospen auswuchsen, a in Fig. 3. Diesen folgten später noch weitere, welche dem intacten Theile der Zweige angehörten, c, in Fig. 1; die diesen auf der völlig unverletzten Längshälfte gegenüber stehenden blieben im Ruhezustande.

Stellt man dieselben Experimente im Frühjahr an, so ergeben sie dasselbe Resultat, nur mit dem Unterschiede, dass die sämmtlichen Neubildungen in grösserer Zahl und Kräftigkeit auftreten. Die oben beschriebenen Versuche haben deshalb ein besonderes Interesse, weil sie uns zeigen, wie unabhängig die verschiedenen Längspartieen am Zweige von einander auftreten können. In keinem Falle ist der Zusammenhang der durch die Schnitte erzeugten besonderen Spitzen und Basen mit den intacten Theilen

der Zweige völlig unterbrochen; und dennoch verhalten sich dieselben wie die entsprechenden Enden völlig isolirter Einheiten. Sehr auffallend ist, dass sich von den besonderen Spitzen und Basen aus ein Einfluss auf die ihnen zugehörigen Seiten der unversehrten Partieen der Zweige fortpflanzt; denn nur durch einen solchen scheint das nachträgliche Auswachsen von Wurzeln und Knospen unter den Spitzen bez. unter den Basen an den intacten Theilen der Zweige erklärt werden zu können.

Auf die Bedeutung der genannten Versuche für die Erklärung einer Reihe von Experimenten, die schon vor langer Zeit, theils schon vor zwei Jahrhunderten, im Interesse des Studiums der Säftebewegung in den Pflanzen gemacht worden sind, werden wir später zurückkommen.

Da es sich auch in dem letztgenannten Falle nur um den Zusammenhang der Rinde handelt, so liegt auf der Hand, dass man dem Experiment leicht eine andere Gestalt geben kann. Man braucht nämlich den früher beschriebenen Versuch der Isolirung von Längspartieen der Rinde auf dem intacten Holzkörper nur dahin abzuändern, dass man die eine Seite offen lässt, den Querschnitt nach der Spitze oder der Basis hin nicht ausführt: so ist entweder eine besondere Spitze oder Basis erzeugt, die sich in genau derselben Weise charakterisiren, wie es in jenem Falle geschah, in welchem die Rindenpartieen mit dem darunter gelegenen Holz von dem unversehrten Theile auf eine kurze Strecke gänzlich abgehoben wurden.

In beiden Versuchsformen, welche zuletzt beschrieben wurden, war an den Theilstücken, welche in besondere Spitzen oder Basen ausliefen, der Längszusammenhang mit der übrigen Rinde des Zweiges auf grössere oder geringere Strecke gänzlich unterbrochen. Ist schon das dort erhaltene Resultat geeignet, einige Ueberraschung hervorzurufen, so steigert sich diese noch mehr, wenn man gewahrt, dass schon durch einen bloss partiellen Ringelschnitt — d. h. einen solchen, der nicht den ganzen, sondern nur einen grösseren oder geringeren Theil des Stammumfangs trifft, — ohne jede seitliche, der Längsaxe des Zweiges parallel laufende Trennung der Rinde, eine besondere Spitze und Basis erzeugt wird. In der That, macht man über einem Auge, etwa in der Mitte des Internodiums, zwei wenig von einander entfernte parallele Querschnitte, welche die Hälfte des Zweiges umlaufen, und

hebt das zwischenliegende Rindenstück heraus, so wächst das Auge sofort aus, während die ringsum liegenden in Ruhe verbleiben. Ebenso gewahrt man sehr häufig, aber nicht immer, über dem Schnitt eine oder einige Wurzeln, die besondere Basis. Sicher kann man, soweit meine Erfahrungen reichen, diese Wurzeln oder doch deren sichtbare Anschwellungen dadurch hervorrufen, dass man den partiellen Ringelschnitt dicht unter einer Knospe macht; man sieht dann sofort jene Anlagen sich erheben, welche in der Nähe des Auges in der Rinde versteckt sind. (Wie auf Taf. I, Fig. 2 nicht weit unter der Mitte des Objectes.) — Es gelingt dieses Experiment meist selbst dann, wenn der Ringelschnitt nur einen geringen Theil des Stammumfangs trifft, wenn er selbst nur wenige Millimeter breit ist. Aus den eben angeführten Thatsachen erhellt, dass jede Querdurchschneidung der inneren Rinde und des Cambiums auch dann noch eine Spitze und Basis erzeugt, wenn rings um den Schnitt der Gewebeverband vollständig erhalten bleibt. Sobald der longitudinale Zusammenhang zwischen denjenigen Elementen, welche vorzugsweise die plastischen Substanzen führen, an irgend einem Orte aufgehoben wird, zeigen sie daselbst den polaren Gegensatz zwischen Spitze und Basis.

Alle bis jetzt besprochenen Versuche beziehen sich auf die bei denselben genannten Weidenarten. Neben diesen wurde eine Reihe anderer Arten verwendet, die in ihrem Verhalten jenen theils glichen, theils mehr oder weniger davon abwichen. Fast völlig gleich zeigten sich in meinen Versuchen alle ganz jungen Zweige; unter den älteren dagegen fanden sich Verschiedenheiten. Sehr oft habe ich den Fall beobachtet, in welchem ein- und zweijährige Zweige bezüglich ihrer Productionen mit den jungen übereinstimmten. Als seltene Ausnahme dagegen kam mir auch ein zweijähriges Object vor, an welchem sämmtliche Wurzeln auf der ganzen Länge desselben fast gleichförmig auswuchsen, während die Knospen sich normal verhielten. (Taf. I., Fig. 4.) Im Allgemeinen wird man beobachten, dass die Zweige gleichen Alters und annähernd gleicher Entwickelung von demselben Strauche ein gleiches Verhalten zeigen. Vor Allem ist stets auf eine möglichst gleiche Entwickelung der Anlagen zu achten. In wie hohem Grade dieser Umstand das Resultat eines Versuches beeinflusst, wird aus dem Nachfolgenden noch genauer erhellen.

Dignität der Knospen und Bedeutung der Narben.

Es wurde schon früher betont, dass die morphologische Dignität der Knospen von erheblicher physiologischer Bedeutung sei. Dieser Gegenstand soll zunächst etwas eingehender verfolgt werden.

Aendert man die oben zuerst beschriebenen Versuche mit Weidenzweigen zunächst dahin ab, dass man anstatt der nur mit möglichst gleichstark entwickelten Primär-Augen besetzten Zweigstücke solche wählt, welche nur secundäre Knospen führen, so bleibt das Resultat in Wesentlichen ungeändert. Bei einigen Arten, z. B. S. vitellina, bilden sich an den jungen diesjährigen Zweigen die Primär-Augen sofort zu Trieben aus; an ihren Basen stehen dann je zwei kleine Knospen, die Achselsprosse der ersten Blätter jener Triebe. Wählt man nun solche Zweige aus, an denen die letzteren auf längerer Strecke eine annähernd gleichstarke Entwickelung erfahren haben, und schneidet dieselben dicht an ihrer Basis ab, so hat man Versuchsstücke, die mit annähernd gleich grossen Narben und möglichst gleich entwickelten Secundär-Augen besetzt sind. — Bei anderen Arten bilden sich im Nachsommer die Primär-Augen auf weiter Strecke am Zweige zu Blüthenständen aus, welche im nächsten Frühjahr zur Entwickelung gelangen. An der Basis jedes Blüthenstandes stehen ebenfalls zwei Laubknospen, und man kann nach dem Abfallen der ersteren im Frühling oder durch künstliches Entfernen derselben leicht Stücke erhalten, welche überall eine annähernd gleiche Beschaffenheit haben. In einigen Fällen bleiben diese Secundär-Sprosse sehr klein und unscheinbar; in anderen erreichen sie eine Länge von mehreren Millimetern, um dann in Ruhezustand überzugehen. — Stehen sie neben den aus Primär-Augen entstandenen Laubzweigen, so gewahrt man nicht selten, dass in den Fällen, in welchen die ihnen zugehörigen Laubzweige eine stärkere Entwickelung erfuhren, als die benachbarten, sie ebenfalls im Wachsthum etwas weiter vorgerückt sind, als die übrigen. In anderen Fällen dagegen lassen sich keine Unterschiede in der Stärke der Secundär-Augen wahrnehmen, gleichviel ob die Laubsprosse gleich oder ungleich stark entwickelt sind. Auf alle diese Verhältnisse ist bei der Untersuchung genau zu achten. — Ob manchmal auch die in der Nähe der stärkeren Laubzweige vorhandenen Wurzel-

anlagen eine beträchtlichere Entwickelung erfahren, als die in der Nachbarschaft der schwächeren stehenden, habe ich nicht bestimmen können; doch sprechen mancherlei Anzeichen aus der späteren Entwickelung dafür, dass dies der Fall ist.

Nimmt man nun Zweigstücke mit überall möglichst gleichen Secundär-Augen und Narben (der aus den Primär-Knospen entstandenen Zweige), hängt sie in gewohnter Art im Glashafen auf, und stellt denselben in einen dunklen Raum: so ist, wie erwähnt, der Gang der Entwickelung im Allgemeinen derselbe, welchen wir früher beobachtet haben. Die Knospen, welche der Spitze nahe stehen, wachsen aus, und zwar auch hier in der Regel die beiden äussersten am stärksten; umgekehrt bilden sich die Wurzeln an und in der Nähe der Basis. Da die letzteren ebenfalls zum weitaus grösseren Theile aus vorhandenen Anlagen hervorgehen, diese oder deren etwa mögliche Veränderungen sich nicht direct wahrnehmen lassen, so wollen wir sie im Nachfolgenden ausser Acht lassen, und uns wesentlich mit den Knospen befassen.

Es sollen nunmehr solche Zweige zum Versuche benutzt werden, die ausser einer grösseren Zahl von secundären einige primäre Knospen führen. Steht das oder stehen die Primär-Augen auf der apicalen Hälfte des Zweiges, so wachsen sie, vorausgesetzt, dass sie überhaupt entwickelungsfähig sind, fast immer, und selbst dann zuerst aus, wenn die Spitze und auch noch der darauf zunächst folgende Theil von Secundär-Knospen besetzt ist. Manchmal bleiben die aus diesen primären Augen hervorgehenden Triebe auch im Verlaufe der weiteren Entwickelung die stärksten; in anderen Fällen eilen ihnen die später ausgewachsenen secundären Bildungen an der Spitze voran. — Stehen die primären Augen auf der basalen Hälfte des Zweiges, so durchbrechen sie häufig ebenfalls noch vor den apicalen secundären ihre Knospenhüllen; doch bleiben sie gewöhnlich im weiteren Wachsthumsverlauf hinter diesen zurück. Wiederholt wurden solche Zweige zum Experiment verwendet, an welchen die apicale Hälfte des Zweiges mit secundären Augen besetzt war, während die basale nur primäre Knospen führte. In diesen Fällen entwickelten sich fast gleichzeitig die Secundär-Augen an der Spitze und die höchst gelegenen Primär-Knospen in der Mitte des Zweiges, während die secundären Augen über den letzteren und die primären an der Basis des Zweiges in Ruhe blieben; in der Folge aber eilten

die apicalen Augen gewöhnlich im Wachsthum voran. — Im Allgemeinen kann ich aus meinen zahlreichen, zu diesem Zwecke angestellten Untersuchungen den Schluss ziehen, dass die primären Knospen vor den secundären im Auswachsen einen Vorzug haben, der sich jedoch nur ganz im Allgemeinen bestimmen lässt. Als Maass für diesen Vorzug dient einfach die äusserste Entfernung von der Spitze des Zweiges, in welcher ein Primär-Auge mit dem höchst gelegenen secundären im Auswachsen gleichen Schritt hält. Dieser Vorzug ist überall vorhanden, aber nicht immer in gleichem Maasse. — Für diejenigen, welche diese Untersuchungen nachmachen wollen, ist hinzuzufügen, dass es unerlässlich ist, mit zahlreichen Objecten zu experimentiren. Nur durch eine grosse Reihe von Versuchen lässt sich das Allgemeine vom Besonderen trennen; scheinbare Abweichungen von der Regel kommen nicht selten vor. Und dies kann, wie eine nähere Ueberlegung zeigt, nicht wohl anders sein. — Wenn an einem Zweige sämmtliche Primär-Augen mit Ausnahme eines einzigen, etwa auf mittlerer Höhe liegenden, zu Trieben ausgewachsen sind, so lässt sich die Frage: worin beruht die Ursache, dass diese eine Knospe im Ruhezustande verblieb, während alle übrigen auswuchsen? im Allgemeinen in dreifacher Art beantworten. Entweder es kann ein äusserer Eingriff eine Störung veranlasst haben; oder das Hinderniss kann im Wachsthumsprocess der Knospe selbst beruhen; oder endlich in dem tragenden Zweige seinen Sitz haben. Die Wirkung dieser Einflüsse kann nur von kurzer Dauer sein, aber auch sich auf einen längeren Zeitraum erstrecken; sie kann sich nur während eines Theiles oder während der ganzen Zeitdauer äussern, in welcher der Zweig dem Versuche ausgesetzt ist. Das Resultat des letzteren wird nun durch diesen unbekannten Factor mit bestimmt, und es erklärt sich so das sehr wechselnde Ergebniss der einschlagenden Experimente auf die ungezwungenste Art. — Am geeignetsten zum Versuch dürften immer noch solche Zweigstücke sein, welche auf kürzerer oder längerer Strecke gleichmässig mit primären und darauf folgend mit secundären Augen oder umgekehrt besetzt sind, an denen die beiden Knospenformen nicht ein buntes Gemisch bilden. Derartige Zweigstücke sind in der Blüthenstandregion im Frühjahr, und auch in der Laubregion im Nachsommer unschwer zu haben. Die Ursache, wesshalb hier ganze Reihen von Knospen sich entweder zu Blüthenständen

oder Laubtrieben ausbildeten, wird meist auf allgemeinere, in dem ganzen Zweige beruhende Verhältnisse, und nicht auf Störungen in der Entwickelung der einzelnen Augen zurückzuführen sein. Daher geben derartig gebaute Zweigstücke meist auch ein annähernd gleiches Resultat.

Aus dem Vorstehenden erhellt, wie ich glaube, zur Genüge, dass die Verhältnisse sehr complicirt werden, sobald man mit Zweigen experimentirt, welche mit Knospen von verschiedener morphologischer Dignität besetzt sind. Sind nur primäre und secundäre Augen vorhanden, so ist das Verhalten im Ganzen noch mit einiger Sicherheit auf die allgemeine Regel zurückzuführen. Dagegen steigern sich die Schwierigkeiten ausserordentlich, sobald an den Zweigen ausser den genannten Knospenformen solche mit noch höherer Dignität vorkommen.

Unter den zahlreichen Versuchen, welche zur Aufklärung der zuletzt berührten Verhältnisse angestellt wurden, ergaben einige mit solchen Zweigen ausgeführte das regelmässigste Resultat, in denen die letzteren ein Alter von sechs Jahren hatten, sehr kräftig waren, und mit grossen Zweignarben besetzt waren, zu deren Seiten noch die Secundär-Augen und über und unter diesen ausserdem deren Achselsprosse, also tertiäre Knospen, standen. Alle diese Augen wuchsen aus, so dass auf jeder Seite einer Narbe drei Triebe standen, welche kurze Längsreihen bildeten. Von den je drei Trieben war stets der aus dem secundären Auge hervorgegangene der stärkste; die Länge der Triebe insgesammt aber nahm von der Spitze nach der Basis hin ab. Diese Fälle fügten sich demnach im Ganzen der allgemeinen Regel.

Allein derartige Fälle gehören zu den minder zahlreichen; gewöhnlich nimmt mit dem Alter der Zweige auch die Complication hinsichtlich der physiologischen Bedeutung der Augen zu. Sicher gilt dies wenigstens von dem apicalen, dem eigentlichen Wachsthumstheile der Zweige. Betrachtet man solche Regionen an 3—6 jährigen Zweigen, so fällt meist sofort eine verschiedene Stärke der Seitenzweige in's Auge. Bei verticaler Stellung der Hauptaxe ist in der Regel der höchststehende von den letzteren der stärkst entwickelte, von dem aus die folgenden allmälig an Stärke abnehmen. Bei nur wenig geneigter Stellung der Hauptaxe kommt es dagegen häufig vor, dass nicht der apicale, sondern ein tiefer, aber auf der Oberseite stehender Zweig die kräftigste

Entwicklung erfahren hat.[1]) — Nun nimmt aber, wenn starke Zweige sehr vereinzelt an der Mutteraxe stehen, die Dicke der letzteren über demselben häufig plötzlich ab; und es wird die Frage nahegelegt, von welchem Einfluss solche Verdünnungen am Zweige auf das Verhalten desselben beim Versuch sein mögen. — Ferner sind die Augen an den Basen der Seitenzweige sehr verschiedener Natur. Bald sind sie secundär, bald, wenn auch seltener, tertiär; bald treten beide neben einander auf. Hin und wieder kommt es vor, dass ausser den genannten noch weitere, vielleicht adventive, vorhanden sind, welche über dem Seitenzweige rechts und links auf dem Kissen stehen, das gewöhnlich an der Basis des letzteren gebildet wird. Ausserdem finden sich nicht selten zwischen den Zweigen noch wohlerhaltene, ruhende primäre, oder, wenn diese abgefallen sind, deren secundäre Knospen. — Solche Zweige, nachdem die Seitenzweige an ihren Ansatzstellen glatt abgeschnitten sind, zum Versuche benutzt, können natürlich nur ein sehr wechselndes Resultat ergeben. Hat man die allgemeine Regel anderweitig erkannt, so findet man sie auch in diesen Fällen häufig noch bestätigt; doch darf wohl als ziemlich sicher betrachtet werden, dass man sie an solchen Zweigstücken nicht entdecken würde. — Sehr oft bemerkt man bei diesen Versuchen, dass diejenigen Secundär-Augen, welche sich neben den Narben der grossen Zweige befinden, in der Entwickelung selbst dann weit voran eilen, wenn sie fern von der Spitze stehen. Ob aber dieser Vorzug in einer besseren Ernährung beruht, die diesen Knospen am Fuss der Seitenzweige zu Theil geworden, oder ob er in einer mangelhaften Constitution der isolirt stehenden primären oder secundären Augen seinen Grund hat: dürfte für jeden einzelnen Fall speciell zu untersuchen sein.

Es wurde im Obigen dargethan, welches Verhältniss zwischen primären und secundären Augen hinsichtlich ihrer Entwickelungsfähigkeit vorhanden ist; ebenso wurde erwähnt, dass ein ähnliches Verhältniss zwischen secundären und tertiären Knospen besteht, dass diese ebenfalls um ein bestimmtes in der Entwickelungsfähigkeit zurückstehen. Wie sich nun weiter die manchmal

[1]) Auf alle diese Verhältnisse werden wir im zweiten Theile, bei Betrachtung des ganzen Baumes, näher zurückkommen.

ausser den tertiären an der Zweigbasis noch vorhandenen Augen, welche, wie erwähnt, wahrscheinlich adventiver Natur sind, zu diesen verhalten, wurde nicht näher untersucht. Es schien aus einzelnen Beobachtungen hervorzugehen, dass dieselben zu den tertiären Knospen in einer ähnlichen Beziehung stehen, wie diese zu den secundären; und das wäre ja ein naheliegendes Verhalten. Allein sichere Angaben vermag ich darüber nicht zu machen.

Der Gegenstand, auf den die zuletzt besprochenen Versuche, welche ein so wechselndes Resultat geben, mit Nothwendigkeit hinführte, war die physiologische Bedeutung der Narben, welche durch das Ausbrechen von Knospen und das Abschneiden von Seitenzweigen entstehen. — Schon wiederholt im Laufe unserer bisherigen Untersuchung wurde die Frage nahegelegt: Was geschieht, wenn einem Zweige seine sämmtlichen Knospen genommen werden? Werden sich nicht auch auf diesem Wege Verhältnisse herstellen lassen, welche relativ einfach sind, und in denen sich die allgemeine Regel mit voller Reinheit bewährt? — Der Versuch ist möglich, und für den Gang unserer Darstellung nothwendig; aber er ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Anblick scheinen möchte.

Wenn wir zunächst von einem Zweigstücke, das mit primären und neben diesen mit schon mässig entwickelten secundären Augen besetzt ist, die primären vorsichtig entfernen, so haben wir den verhältnissmässig einfachen Fall, in welchem das Zweigstück eine bestimmte Anzahl von Narben und daneben die doppelte Anzahl von Secundär-Knospen führt. Das im Ganzen regelmässige Resultat, welches sich bei Anwendung solcher Objecte zum Versuch ergiebt, ist oben schon besprochen worden; zugleich ist auch des Grundes gedacht, in Folge dessen nicht selten kleine Unregelmässigkeiten von der Regel auftreten. — Entfernte man nun an solchen Zweigstücken, an denen die Secundär-Augen besonders kräftig entwickelt und mit Tertiär-Knospen versehen sind, die ersteren so vorsichtig, dass die letzteren unversehrt blieben: so würde man die dreifache Zahl der ursprünglichen Narben und die vierfache Zahl der einstigen Primär-Augen erhalten. Diesen Versuch habe ich nicht angestellt. Es liegt aber auf der Hand, dass hier die Unregelmässigkeiten sich immer mehr steigern müssen; denn mit der Zahl der Knospen dürfte im Allgemeinen auch deren Ungleichheit zunehmen.

Diesen Schwierigkeiten ist scheinbar dadurch zu entgehen, dass einfach die ganze Blattachsel soweit weggeschnitten wird, dass sicher keine Anlage einer normalen und exogenen Knospe vorhanden ist. Ein solcher Versuch wurde zunächst mit einjährigen, mit gleichalterigen Augen besetzten Zweigen angestellt, und zwar im Anfang Mai. Die Zweige hingen senkrecht von einem Stativ herab und reichten mit der Basis in Wasser, das in gewöhnlichen Trinkgläsern stand. Die ganze Vorrichtung befand sich im Tageslicht, jedoch so, dass sie vor dem Einfall der directen Sonnenstrahlen geschützt war. Diese Versuche gehören, weil mit ungleichartigen äusseren Lebensbedingungen ausgeführt, eigentlich erst einem späteren Capitel an; es wird sich aber zeigen, dass jene Bedingungen, soweit es das Entstehen von Knospen betrifft, das Resultat nicht erheblich beeinflussen. — Die Versuche ergaben, dass die neu entstehenden adventiven Knospen niemals am Internodium, sondern stets nur aus den Narben der weggeschnittenen Blattachseln hervorgingen. In den meisten Fällen entstanden sie gleichzeitig an verschiedenen Orten, die über die ganze Länge des Zweiges vertheilt waren; allein bald zeigte sich eine Bevorzugung der Spitze insofern, als die dort befindlichen Knospen rasch wuchsen, während die tiefer stehenden auf einem frühen Entwickelungsstadium stehen blieben. In einzelnen Fällen kamen dagegen gleich Anfangs lediglich Knospen bez. Triebe an der Spitze hervor, während es in anderen tiefer stehende Augen waren, welche am ersten auswuchsen, und auch im Verlaufe der weiteren Entwickelung den übrigen voraneilten.

Was uns zunächst an diesen Resultaten, welche durch eine ganze Reihe anderer, auf die wir zurückkommen werden, bestätigt wurden, interessirt, ist der Umstand, dass die neu angelegten und endogenen, adventiven Sprosse nie am Internodium, sondern stets nur unter der Blattachsel, am morphologischen Orte der exogenen Augen, entstehen. Die Blattachsel stellt also hier, wenn auch auf künstliche Weise dazu veranlasst, einen ähnlichen Heerd für die Erzeugung endogener Sprosse dar, wie er normal bei den Rhipsalideen [1]) beobachtet wurde. — Der Grund für diese Erscheinung

[1]) *H. Vöchting.* Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, herausgegeben von Pringsheim. Bd. IX. Leipzig, 1874. S. 352.

kann offenbar nur darin gesucht werden, dass der Bau des Gewebes in der Blattachsel zur Production von Knospen besonders geeignet ist. Wahrscheinlich ist es die Configuration der Gefässbündel, besonders ihrer Weichbastmassen, welche hier von Einfluss ist. Hierzu kommt aber jedenfalls noch eine weitere Ursache, deren genauere Besprechung jedoch erst später an der Hand anderer Versuche erfolgen kann.

Im Anschluss an das eben Gesagte entsteht nun sofort die weitere Frage, ob nicht bestimmte Theile des inneren Axillar-Gewebes geeigneter für jene Neubildungen seien, als andere; und ob nicht in Folge dessen durch den Schnitt eine Verschiedenheit in der Productionsfähigkeit der ursprünglich gleichen Blattachseln hergestellt werde. Nähme beispielsweise die Fähigkeit der Sprosserzeugung in der Blattachsel von aussen nach innen ab, so könnte leicht durch ungleich tief geführte Schnitte die angedeutete Verschiedenheit hervorgerufen werden. — Specielle auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen habe ich bisher nicht angestellt, glaube aber annehmen zu können, dass Verhältnisse der bezeichneten Art thatsächlich existiren.

Jedenfalls ergiebt sich schon aus den vorstehenden und mit grösserer Sicherheit noch aus später folgenden Erörterungen, dass wir uns in dem zuletzt gemachten Versuch weit von dem ursprünglichen einfachen entfernen, in welchem alle Axillar-Bildungen gleich waren; und dass es deshalb nicht in Verwunderung setzen darf, wenn das sich ergebende Resultat kein so übereinstimmendes mehr ist, wie in jenen einfachen Fällen.

Noch verwickelter aber wird die Sache, wenn man Objecte mit ungleich grossen Narben zum Versuch anwendet, wenn dieselben ursprünglich wechselnd mit verschieden starken Zweigen und primären und secundären Augen besetzt waren. Beim Verwenden solcher Zweige ist zunächst mit grosser Sorgfalt darauf zu sehen, dass alle manchmal nur sehr kleinen Knospen neben den Narben der Zweige vollständig entfernt werden. Jeder vorhandene Vegetationspunkt hat einen Vorzug in der Entwickelung, und trübt damit die Reinheit des Resultats. Sind mehrere Zweignarben vorhanden, so ist darauf zu achten, dass die Knospen zu ihren Seiten in möglichst gleichen Tiefen fortgeschnitten werden. — Allein wenn auch alle diese Vorsichtsmassregeln erfüllt sind, so ist dennoch das Resultat solcher Versuche ein sehr wechselndes.

Doch kann ich auf Grund einer sehr grossen Reihe von Untersuchungen, die übrigens auf sehr verschiedene Art ausgeführt wurden, angeben, dass die neuanzulegenden adventiven Sprosse mit besonderer Vorliebe neben den Narben der jeweilig grösseren Zweige entstehen.

Der wahrscheinliche Grund aber, weshalb dies geschieht, kann an dieser Stelle noch nicht erörtert werden. Die sämmtlichen zuletzt besprochenen Erscheinungen gehören in das Capitel der Verwundungen, auf das wir an geeigneter Stelle eingehen werden. Dort werden wir auch auf die oben erörterten Verhältnisse zurückkommen.

Verhältniss zwischen Wurzeln und Knospen.

Schon oben wurde auf das Unzutreffende der Behauptung hingewiesen, dass Wurzeln erst dann an einem Zweige entstehen sollen, wenn die an ihm vorhandenen Knospen zu beblätterten Trieben ausgewachsen sind. Der einfache Versuch, welcher zeigt, dass schon jedes Internodialstück im Stande ist, Wurzeln zu produciren, widerlegt jene Angabe vollständig. — Dass die Entstehung der Wurzeln nicht von der assimilirenden Thätigkeit der eben gebildeten jungen Triebe abhängig ist, folgt ferner aus der Thatsache, dass in allen Versuchen, in welchen die Objecte im Dunklen gehalten wurden, die Triebe, abgesehen davon, dass die Wurzeln mit ihnen gleichzeitig auswuchsen, vergeilten und zu keiner assimilirenden Thätigkeit gelangen konnten.

Allein man hätte ohne Kenntniss des erstgenannten Experiments die Frage aufwerfen können, ob nicht zwischen Wurzeln und Knospen ein bestimmtes Symmetrie-Verhältniss bestände, und zwar derart, dass, wenn die Bildung der einen unterdrückt würde, auch die der andern unterbliebe; — eine Frage, die sich natürlich nur durch Experimentiren mit Zweigen lösen liesse, welche genügend mit Reservestoffen erfüllt sind. — Wie wir später sehen werden, existirt in der That am Baume ein derartiges Verhältniss zwischen Wurzeln und Zweigen, und es liesse sich daher mit Recht jene Frage aufwerfen.

Soweit es nun die äusserlich sichtbare Thätigkeit der Zweige anlangt, wird die angeregte Frage durch das erwähnte Experiment verneinend beantwortet. Doch lässt sich die Sache auch noch auf eine andere Weise erledigen. Man kann nämlich, wie es in

früheren Fällen geschah, den Zweigen sämmtliche Knospen fortschneiden und sie dann in bekannter Art gleichmässigen äusseren Lebensbedingungen aussetzen. Solche Versuche wurden angestellt, und zwar zunächst mit einjährigen Zweigen von S. viminalis. Dieselben wurden im Glashafen aufgehängt und mit diesem der Dunkelheit ausgesetzt. Es stellte sich heraus, dass schon nach kurzer Frist die Wurzelanlagen in der Nähe der Basis in ähnlicher Weise auswuchsen, wie an den Objecten, denen die Knospen gelassen waren, und die sich gleichzeitig an der Spitze entwickelten. — Ja es kam bei solchen ihrer Knospen beraubten Zweigen gar nicht selten vor, dass dieselben es gar nicht bis zur Bildung äusserlich sichtbarer adventiver Sprosse brachten, während die Wurzelanlagen in grosser Zahl und zu beträchtlicher Länge auswuchsen. — Ein ganz ähnliches Resultat erhält man, wenn man junge, nur wenige Monate alte Zweigstücke zum Experiment benutzt, nur mit dem Unterschiede, dass dann die Wurzeln im Allgemeinen an oder doch in der Nähe der Basis gebildet werden.

Durch die Resultate der genannten Versuche ist dargethan, dass, soweit es die äusserlich sichtbaren Verhältnisse betrifft, die Wurzeln in Bezug auf ihr Auswachsen eine beträchtliche Unabhängigkeit von den Knospen besitzen. Umgekehrt kommt es gar nicht selten, zumal beim Experimentiren mit älteren knospenführenden Zweigen vor, das einzelne Augen bis zu ziemlicher Länge auswachsen, während die Bildung von Wurzeln gänzlich unterbleibt, oder die Anlagen derselben die Rinde nur ganz wenig emporheben. Alle diese Thatsachen betreffen aber nur die äusserlich sichtbaren Verhältnisse; die im Innern vorgehenden Processe entziehen sich der Beobachtung. Es ist nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich, dass an einem augen- und wurzellosen Internodialstück gleichzeitig der Impuls zur Ergänzung beider fehlenden Theile erfolgt, und dass etwas Aehnliches auch an dem seiner Knospen beraubten Zweige stattfindet. Sollte dies thatsächlich der Fall sein, dann muss der eine Theil dem anderen bedeutend voraneilen können; ja der eine auf einem ersten, vielleicht selbst mikroskopisch nicht einmal nachweisbaren Stadium stehen bleiben, während der andere einen ganz normalen Wachsthumsverlauf nimmt. — Allerdings kann dieses Missverhältniss nur bis zu einem gewissen Grade gehen. Werden nicht nach Verlauf von einer den Verhältnissen entsprechenden kürzeren oder längeren

Zeit im einen Falle Triebe mit grünen Blättern, im anderen Wurzeln gebildet, so gehen die Zweige nebst ihren Productionen stets zu Grunde.

Es wurde dem physiologischen Verhältniss zwischen Laubtrieb und Wurzel noch dadurch beizukommen gesucht, dass frisch vom Baume entnommene Zweige, welche schon mit grünen Trieben besetzt waren, zum Versuch benutzt wurden. Das Experiment wurde mit möglichster Vorsicht so angestellt, dass im Monat Mai von demselben stärkeren Ast eines Strauches möglichst gleichstarke vorigjährige Zweige gewählt wurden, die mit ebenfalls möglichst gleich entwickelten diesjährigen Trieben besetzt waren. Dass man solche Objecte nicht im Glashafen aufhängen kann, versteht sich von selbst. Das grössere Wasserquantum, dessen sie bedürfen, kann ihnen nur in flüssiger Form dargeboten werden. Man muss sie deshalb mit den Basen in Wasser stellen, und aus naheliegenden Gründen dem Licht, jedoch nicht den direct einfallenden Sonnenstrahlen, aussetzen. — Von den Zweigen wurden dem einen Theile die jungen Triebe an der Spitze gelassen, dem anderen dagegen möglichst schonend so weggeschnitten, dass die neben ihnen stehenden Secundär-Augen erhalten blieben; und dann beide gleich tief in Wasser gestellt. — Das sich ergebende Resultat war ein verschiedenes. Im einen Falle welkten die jungen Triebe an der Spitze und vertrockneten. Dann eilten die Zweige, denen die Triebe genommen waren, in Wurzel- und Knospenbildung voran, während jene ihnen erst nach Verlauf von einiger Zeit nachfolgten. Offenbar hatte das Zugrundegehen der jungen Triebe auf deren Mutterzweige einen störenden Einfluss ausgeübt, von dem sie sich erst allmälig erholten. Die vertrockneten Triebe selbst lösten sich in der Folge an ihren Ansatzstellen von den Zweigen los, während die an ihrer Basis befindlichen und ihnen ursprünglich angehörenden Secundär-Sprosse gesund blieben und sich entwickelten. — Im anderen Falle dagegen blieben die jungen Triebe an den Zweigen gesund, welkten anfangs kaum und setzten später ihr Wachsthum fort. Diese Zweige erzeugten nun an ihren Basen rascher Wurzeln, als die gleichzeitig in Wasser gesetzten Schwesterzweige, welche ihrer jungen Triebe beraubt waren; und die Wurzeln von jenen behielten meist auf längere Zeit vor den der letzteren einen Vorzug. — Ob dieser Unterschied aber lediglich seinen Grund in der besseren Ernährung

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

der mit grünen Trieben besetzten Zweige hat, oder ob dabei noch ein morphologisches Moment, ein Symmetrie-Verhältniss zwischen Würzeln und Sprossen, in Frage kommt, konnte nicht definitiv entschieden werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach kommen beide Umstände in Betracht.

Bedeutung des Alters der Zweige.

Wiederholt wurde darauf hingewiesen, dass junge, erst mehrere Monate alte Zweige von S. viminalis besonders hinsichtlich ihrer Basen ein etwas anderes Verhalten zeigen, als einjährige Objecte. Unwillkürlich drängt sich die Frage auf: ist es lediglich das Alter, welches jenen Unterschied bedingt? und, wenn dies der Fall, steigert sich der Unterschied mit dem Alter der Zweige?

Bei der Beantwortung dieser Frage sind verschiedene Dinge auseinander zu halten. Am einfachsten gestaltet sich die Sache dann, wenn lediglich das Alter desjenigen Gewebes in Betracht kommt, welches wirkliche Neubildungen erzeugen soll. Solche Versuche wurden mit Internodialstücken von Heterocentron diversifolium gemacht, auf welche wir hier verweisen. — Ungleich schwieriger wird die Untersuchung dann, wenn die Versuchs-Objecte mit Anlagen der beiderlei Art versehen sind. Dann ist zweierlei ins Auge zu fassen: das Alter der Zweige, und dann das Alter und die Stärke der an denselben vorhandenen Anlagen. Nur mit solchen Objecten haben wir es zunächst zu thun.

Es ist klar, dass die experimentelle Erledigung dieser Frage mit grosser Schwierigkeit kämpfen muss. Eine Reihe von aufeinander folgenden jedesmal jährigen Sprossgenerationen, die mit gleichen Seitenbildungen besetzt wären, und die ausserdem gleiche Quanta von Reservestoffen enthielten, ist nicht zu finden; und nur durch Versuche mit solchen Reihen liesse sich die Sache entscheiden. Jedenfalls wird man auf einen Vergleich der Knospen verzichten müssen; denn abgesehen davon, dass es nur schwer gelingen dürfte, eine grössere Reihe solcher Generationen mit Augen von gleicher Dignität aufzufinden, würden, selbst wenn dies der Fall wäre, die Knospen in den verschiedenen Altersphasen so mancherlei äussere, vom Zweige ganz unabhängige Eingriffe erlitten haben, dass aus ihrem Verhalten beim Auswachsen auf etwaige Veränderungen der im Zweige ruhenden inneren Kraft kein Schluss gezogen werden könnte. — Anders,

wenn auch nicht viel günstiger, dürfte es hinsichtlich der in der Rinde vorhandenen Wurzelanlagen sein. In Folge ihrer verborgenen Stellung sind sie jedenfalls Störungen weniger ausgesetzt, als die Knospen; dafür entziehen sie sich aber aller directen Beobachtung, und es ist in Bezug auf ihr relatives Alter gar keine Controlle zu führen. Es geht aus diesen Ueberlegungen hervor, dass hier nicht leicht ein zwingendes Resultat zu erhalten sein wird, und dass es nur durch Zusammentragen der verschiedensten Umstände gelingen dürfte, ein einigermassen befriedigendes Ergebniss zu erhalten.

Ich will zunächst den Gang eines Versuches mittheilen, in welchem in erster Linie auf die Schnelligkeit der Entwickelung der Wurzelanlagen an den Zweigen der verschiedenen Generationen geachtet wurde. Es wird sich daraus am besten ergeben, wie leicht man hier zu Trugschlüssen geführt werden kann; und wie nothwendig es ist, eine grosse Reihe von Versuchen mit Zweigen verschiedener Arten anzustellen.

Am 18. Juni wurde ein sehr kräftiges Sprosssystem von S. aurita gewählt. Der älteste Theil desselben war 3jährig, sehr lang und verzweigte sich an seiner Spitze in mehrere, ebenfalls lange Aeste, welche die 2jährige Generation bildeten. Diese Aeste führten an ihren Spitzen wieder mehrere Zweige, welche dem vorigen Jahre angehörten, und an ihrem apicalen Theile endlich die diesjährigen jungen, grünen, noch sehr schwachen Triebe trugen. Der untere Theil der 2- und 3jährigen Zweige war gleichmässig mit secundären, die einjährigen Zweige in derselben Region mit primären Augen besetzt; die jungen Triebe führten nur solche. Grössere Narben als die der abgefallenen Primär-Knospen waren an den unteren Theilen der Zweige der ersteren Generationen nicht vorhanden.

Von diesen vier Generationen wurden je zwei möglichst gleichartige Zweigstücke genommen, und unter gleicher geringer Neigung aufrecht in ein Gefäss gestellt, das bis zu 12 Ctm. Höhe mit Wasser gefüllt war. Das Ganze wurde in einen dunklen Raum gebracht. Die Temperatur in diesem betrug anfangs 20° C.; von da aus stieg sie allmälig bis auf 25°. — Das Verhalten der verschiedenen Zweiggenerationen war folgendes.

Am 21. Juni zeigten sich an den 3jährigen Zweigen im Bereich des Wassers kleine Vorwölbungen in der Rinde, die An-

schwellungen der dort vorhandenen Wurzelanlagen. An den übrigen Zweigen war nichts zu sehen.

22. Juni. Die Wurzelanlagen der ersten Generation sind erheblich stärker geworden; ausser der geringeren Zahl der zuerst entstandenen zeigen sich zahlreiche neue. — An den Zweigen der zweiten Generation werden an der Basis die ersten, aber noch sehr schwachen Andeutungen der Wurzelanschwellungen sichtbar.

23. Juni. Die ältesten Wurzelanlagen der ersten Generation durchbrechen die Rinde. An der zweiten Generation haben die Vorwölbungen in der Rinde eine beträchtliche Grösse gewonnen, und auch an den Zweigen der dritten Generation zeigen sich jetzt die ersten Andeutungen der kleinen Hügel in der Rinde.

24. Juni. Von den Anlagen der ersten Generation ist jetzt eine beträchtliche Zahl ausgewachsen; die der zweiten beginnen ebenfalls die Rinde zu durchbrechen, während die der dritten in Form grösserer Hügel vorhanden sind.

An den Zweigen aller drei Generationen bildeten sich von Anfang an gleichmässig Lenticellen; und an allen wuchsen die Knospen der apicalen Theile aus, jedoch so, dass an den Objecten der jüngsten Generation das Auswachsen am meisten auf die Spitze beschränkt war, mit der Zunahme des Alters sich dagegen auch auf weiter von der Spitze entfernt liegende Partieen erstreckte.

Die weiteren Entwickelungsvorgänge nahmen nun ihren normalen Verlauf, während an den Zweigen der vierten Generation vorläufig nichts zu sehen war. Es verliefen etwa 3 Wochen, ohne dass sich an ihnen die Spur einer Anlage gezeigt hätte. Erst zwischen dem 15. und 20. Juli traten die ersten Wurzelanschwellungen an ihnen auf, und zwar nur an der Basis unmittelbar über der Schnittfläche.

Das eben beschriebene Experiment bietet in seinem Verlauf einiges Unerwartete dar. Es betrifft dies weniger das Verhalten der Zweige der jüngsten Generation, als vielmehr die Schnelligkeit der Entwickelungsvorgänge an den drei älteren Zweiggenerationen. Jene waren, wie erwähnt, noch sehr zart, und an ihnen mussten die Wurzeln ganz neu gebildet werden, ein Process, der beträchtlichere Zeit erfordern könnte; an den letzteren dagegen waren die Anlagen vorhanden und brauchten nur auszuwachsen. — Der Grund des verschiedenen Verhaltens der drei

älteren Generationen dürfte wohl darin zu suchen sein, dass die Wurzelanlagen einen dem Alter und der Stärke der Zweige entsprechend grösseren Umfang hatten; jedenfalls dürfte dies hinsichtlich der in jeder Generation zuerst gebildeten gelten. Führten die Zweige, was recht wohl möglich, ausserdem noch ein mit dem Alter relativ zunehmendes Quantum von Reservestoffen, so könnten durch diese Verhältnisse auch bei anfänglich in den Zweigen aller drei Generationen gleichzeitig gegebenem Impulse zur Wurzelbildung jene Unterschiede im Auswachsen der Anlagen recht wohl erklärt werden.

Ehe wir jedoch weitere Schlüsse ziehen, wollen wir zunächst den mehrerwähnten Unterschied hinsichtlich des Orts der neu gebildeten Wurzeln in den verschiedenen Altersstadien der Zweige ins Auge fassen, und dem entsprechende, schon oben angedeutete Versuche anstellen. Junge, je nach der Schnelligkeit des Wachsthums 4, 3, 2 Monate oder auch nur einen Monat alte Zweige [1]) bilden nach unsern früheren Erfahrungen ihre Wurzeln unmittelbar über der basalen Schnittfläche; an einjährigen Zweigen dagegen wachsen die Anlagen auch in weiterer Entfernung von der Basis aus, jedoch so dass ihre Zahl und Stärke von derselben aus abnimmt. Wir wollen nun zunächst sehen, wie diese Verschiedenheiten mit einander vermittelt werden.

Nimmt man im Monat August lange und kräftige Zweige von S. viminalis, deren unterer Theil schon hart und fest geworden, während die Spitze noch im Wachsthum begriffen ist, schneidet sie in Stücke von gleicher Länge, etwa von 20—22 Ctm., hängt diese im Glashafen auf, und stellt den letzteren finster: so ergiebt sich das folgende Resultat. Das Apicalstück erzeugt seine Wurzeln lediglich unmittelbar über der basalen Schnittfläche rings um den Zweig; ist das nächstfolgende Stück noch zart, so verhält es sich ebenso. An den nun folgenden Stücken aber, die allmälig härter werden, sieht man, wie die Wurzelbildung unmittelbar über der basalen Schnittfläche nach und nach abnimmt, dafür

[1]) Ein gewisser Grad von Härte ist bezüglich des basalen Stückes eines Objectes nothwendig. Durchschneidet man Zweigstücke sehr nahe unter der wachsenden Spitze, und hängt die ganz jungen, überall weichen Stücke im Glashafen auf, so gehen sie gewöhnlich bald in Zersetzung über. — Diese Beschränkung ist bei der nachfolgenden Erörterung stets im Auge zu behalten.

aber in der Nähe der Knospen beginnt, selbst wenn diese nicht in nächster Nähe der Schnittfläche stehen. Je älter nun die Zweigstücke werden, um so weiter können sich die Anlagen von der Schnittfläche entfernen; doch erlangt diese Entfernung in der Regel im Herbst bei Weitem nicht die Grösse, welche sie im Frühling erreicht. Der ganze Unterschied zwischen den Zweigstücken der verschiedenen Entwickelungsgrade beruht aber wesentlich in dem Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Wurzelanlagen; ein Umstand, der sich, wie schon früher angegeben, durch mikroskopische Untersuchung unschwer feststellen lässt.

Mit diesen Versuchen lässt sich nun auf das Bestimmteste constatiren, dass die Zeit, welche zur wirklichen Neubildung von Wurzeln während der Versuchsdauer nothwendig ist, nur wenig länger ist, als die zur Ausbildung vorhandener Anlagen erforderliche, vorausgesetzt, dass der Unterschied in der Stärke der Zweigstücke kein erheblicher ist. Während nämlich die Anlagen an den ältesten Stücken der Zweige bei einer Temperatur von 20 — 25 ° C. bis zu dem Stadium des Durchbrechens der Rinde eines Zeitraumes von 4 — 5 Tagen bedürfen, nimmt der Entwickelungsprocess der neugebildeten Anlagen bis zu demselben Stadium nur 3—5, ja manchmal nur 2 Tage länger in Anspruch. — An den Knospen der verschiedenen Stücke lässt sich ein deutlicher Unterschied in der Entwickelungsschnelligkeit nicht wahrnehmen. Wohl aber zeigt sich, dass, je jünger ein Zweigstück ist, alle Thätigkeit an der Spitze sich auf ein oder nur sehr wenige Augen beschränkt; ja man findet, dass, wenn man ganz jungen, noch weichen Trieben die Spitze wegschneidet, fast regelmässig allein das apicale Auge auswächst, und die Fortsetzung der Hauptaxe in beinahe derselben Richtung übernimmt.

Aus diesen Thatsachen folgt, dass die Kraft oder das Kräftesystem, welches den polaren Gegensatz am Zweige bedingt, am augenfälligsten und, wie es scheint, am energischsten am ganz jungen Zweige auftritt; dass es dagegen mit zunehmendem Alter der Zweige und wachsender Ausbildung der an diesen erzeugten Spross- und Wurzelanlagen relativ schwächer wird, insofern als nur die letzteren auswachsen, und dabei eine gewisse Selbstständigkeit offenbaren. Es ist klar, dass am jungen Triebe die Wurzeln — natürlich in entsprechend geringerer Zahl und Stärke — an genau denselben Orten neu gebildet werden könnten, an

welchen am jährigen Zweige die vorhandenen Anlagen auswachsen. Dass dies nicht geschieht, und die Wurzeln am jungen Zweige lediglich an der Basis auftreten, lässt sich nur dadurch erklären, dass die innere Kraft im jungen Zweige energischer wirkt, und dass die bei wachsendem Alter der letzteren entstehenden Anlagen in einen gewissen Antagonismus zu ihr treten. — Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass nicht etwa die verschiedene Quantität der Nährstoffe in den Zweigen die fraglichen Unterschiede hervorrufen kann. Diese kann wohl auf die Grösse und die Zahl der gebildeten Wurzeln einwirken, nicht aber den morphologischen Ort derselben bestimmen. Das Auswachsen der letzteren geschieht in einer mit dem Alter der Zweige zunehmenden, aber nach unseren bisherigen Erfahrungen eine bestimmte Grenze nicht überschreitenden Entfernung von den beiden Enden.

Hieran knüpft sich nun sofort die Frage, ob nicht mit noch weiter zunehmendem Alter jene Kraft den seitlichen Bildungen gegenüber noch mehr geschwächt wird, und ob sie nicht schliesslich in ganz alten Theilen vollständig erlischt. Um diese Frage zu beantworten, wurde im Frühling und Sommer der Jahre 1875 und 1876 eine grössere Reihe von Versuchen mit Zweigen höheren, übrigens verschiedenen Alters und von verschiedenen Weidenarten ausgeführt. Das Ergebniss dieser Versuche war, dass im Allgemeinen mit steigendem Alter die Schnelligkeit und Energie der Neubildungs-Processe abnimmt, dass aber der physiologische Gegensatz zwischen Spitze und Basis auch im höchsten Alter noch erhalten bleibt.

Nimmt man von einem Strauche Zweige mittleren Alters, etwa 4—6jährige, die eine noch möglichst glatte Rinde und überhaupt ein frisches Aussehen haben, die ausserdem keine grossen Narben führen, und hängt Stücke von ihnen mit gleichlangen aus jüngeren Altersstadien im Glashafen auf: so zeigt sich nicht selten, wie in dem oben genauer besprochenen Falle von Salix aurita, dass die älteren Zweige mit den jüngeren nicht nur gleichen Schritt in der Entwickelung halten, sondern ihnen sogar voraneilen. Allein diese Fälle sind keineswegs Regel. Sehr häufig beobachtet man das gerade Umgekehrte, dass nämlich die Zweige der älteren Generationen hinter den der jüngeren in Bezug auf Bildungsthätigkeit weit zurückstehen. Ja es kommt gar nicht selten vor, dass Zweigstücke im Alter von nur 3—4 Jahren mit

ganz glatter Rinde wochenlang neben jüngeren, reichlich mit Neubildungen besetzten Zweigen hangen, ohne eine Knospe oder Wurzel zu produciren; ein Fall, der bei jungen Zweigen fast nie vorkommt. — An denjenigen älteren Zweigstücken, an welchen zahlreiche Wurzeln erzeugt werden, findet man, dass sie in der Regel auf der ganzen Oberfläche des Zweiges zerstreut stehen, doch so, dass ihre Zahl und Länge von der Basis nach der Spitze hin abnimmt. Genau dasselbe, nur umgekehrt, gilt für das Auswachsen der Knospen, wenn dieselben auf der ganzen Länge der Zweige gleiche Dignität haben.

Kommen schon an den älteren Zweigen mit möglichst glatter Rinde und annähernd gleichen seitlichen Bildungen mancherlei Störungen vor, so steigern sich diese immer mehr, wenn man solche Objecte nimmt, welche mit grösseren Zweignarben und dazwischen ausserdem mit Augen verschiedener Dignität oder deren Narben besetzt sind. In der Regel sind die Productionen an solchen Zweigstücken nicht sehr zahlreich. In vielen Fällen ist in der Stellung derselben noch deutlich der Gegensatz zwischen Spitze und Basis zu erkennen; in anderen dagegen gelingt dies durchaus nicht. Gewöhnlich stehen, wie in den schon früher genannten Fällen, die Triebe in der Nähe der grösseren Narben, und da man diesen am Zweigstücke einen sehr verschiedenen Ort geben kann, dementsprechend bald an der Spitze, bald in der Mitte, bald an der Basis der Zweige. Aehnlich ist es in Bezug auf die Wurzeln. Auch sie finden sich häufig in der Nähe der grossen Narben, bald an Augen, bald am Internodium. Bald stehen sie lediglich an der Basis, bald sind sie zerstreut über die ganze Oberfläche; bald finden sie sich vorwiegend in der Mitte oder gar an der Spitze des Zweiges.

Dass man aus diesen Thatsachen nicht etwa den Schluss zu ziehen berechtigt ist, der polare Gegensatz sei in den genannten Zweigen nicht mehr vorhanden, und verschwinde somit mit zunehmendem Alter derselben, folgt schon aus früher angeführten Verhältnissen. Aber ebenso wenig berechtigen die wenigen unter der Menge vorkommenden regelmässigen Fälle zu der Annahme, dass jener Gegensatz dennoch in allen Zweigen vorhanden sei, und da, wo er sich nicht geltend macht, nur durch andere Einflüsse verdeckt werde.

Wir sind deshalb genöthigt, uns nach geeigneteren Verfahrungs-

arten umzusehen, um über den fraglichen Gegenstand Klarheit zu erlangen. Wir bedienen uns dazu einfach des Ringelschnittes, einer Operation, deren Bedeutung oben erkannt ist, und die den grossen Vorzug bietet, dass sie sich ebenso gut an dünnen oder dickeren Aesten, wie an ganzen Baumstämmen ausführen lässt. Es üben zwar, wie später dargethan werden wird, die Schwerkraft und das Licht einen bestimmten Einfluss auf den polaren Gegensatz am Stamm aus, allein der Hauptsache nach beruhen die Erscheinungen desselben auf inneren vererbten Kräften. Das letztere ist oben bewiesen worden, und ich werde in der Folge zeigen, dass andere äussere Kräfte ausser der Schwerkraft und dem Lichte nur einen sehr geringen oder keinen Einfluss auf das innere Kräftespiel haben. Indem ich bezüglich dessen den Leser auf das Folgende verweise, bediene ich mich zur Lösung der uns hier interessirenden Frage einiger von den Resultaten, welche die Ausführung des Ringelschnittes an Bäumen im Freien liefert.

Macht man die fragliche Operation an einem Zweige oder Aste in der Art, dass unter ihr noch Knospen oder Zweige vorhanden sind, so entwickeln sich diese mit besonderer Energie; sie stehen an der Spitze des unteren Individuums. An der oberen Wundlippe des Schnittes bildet sich ein Wulst und viele Wurzelanlagen, welche auswachsen, sobald die Umgebung es möglich macht: ihr Ort ist die Basis des oberen Individuums. — Macht man einen breiten Ringelschnitt um einen dickeren Stamm oder Ast, so entstehen auf dem kleineren Wulst, welcher gewöhnlich an der unteren Wundlippe erzeugt wird, nicht selten zahlreiche Adventivsprosse, — eine Wirkung der Apicalkraft. An der oberen Wundlippe werden niemals solche Sprosse, wohl aber Wurzelanlagen erzeugt; sie sind, wie erwähnt, ein Ausdruck der Basalkraft der oberen Lebenseinheit. — Hiermit begnügen wir uns einstweilen, und verweisen in Betreff alles Weiteren auf den zweiten Theil dieser Arbeit.

Auf Grund dieser Erscheinungen werden wir zu dem Schlusse genöthigt, dass der polare Gegensatz zwischen Spitze und Basis mit zunehmendem Alter der Zweige bez. Aeste nicht erlischt, sondern dass er selbst in den ältesten Stämmen noch vorhanden ist. Es zeigt die innere Kraft die grösste Energie in jüngeren Altersstadien der Zweige; sie kann in älteren durch andere Einflüsse verdeckt werden; allein unter normalen Verhältnissen ver-

schwindet sie niemals gänzlich, sondern ist auch noch im ältesten Baumstumpf vorhanden, dessen Mark und inneres Holz schon längst der Vermoderung Preis gegeben sind.

Das, was im Vorstehenden von den Weidenzweigen gesagt wurde, dürfte, soweit es die Hauptsache betrifft, eine allgemeinere Geltung haben, wenn sich auch im Einzelnen mancherlei geringe Verschiedenheiten ergeben mögen. Darauf deutet mit Bestimmtheit die gärtnerische Praxis hin. Bei zahlreichen Kräutern, Sträuchern und Stauden schreibt dieselbe vor, zu Stecklingen und Ablegern nur junge, noch zarte Triebe zu nehmen; und diese bald nur unter einem Knoten, bald auch an beliebiger Stelle im Internodium zu durchschneiden. In anderen Fällen lehrt sie, die Stecklinge nur aus älteren, schon mit festem Holze versehenen Zweigen herzustellen; in noch anderen endlich räth sie, an dem jungen Triebe, dem eigentlichen Stecklinge, ein mehr oder minder grosses Stück des mütterlichen, älteren Zweiges stehen zu lassen. — Offenbar werden diese Vorschriften meistens auf die oben angeführten Verhältnisse zurückzuführen sein. In einem Falle wird die Regel auf der erfahrungsgemäss festgestellten Leichtigkeit beruhen, mit der junge Zweige am Internodium oder Knoten Wurzeln neu erzeugen; im anderen mag das rasche Auswachsen vorhandener Anlagen an älteren Zweigen gerathen haben, die letzteren zur Vermehrung zu verwenden. Daneben wird es, woran nicht zu zweifeln ist, auch solche Pflanzen geben, deren ein-, zwei- oder selbst mehrjährige Zweige rascher Wurzeln neu bilden, als ganz junge; während bei noch höherem Alter der Zweige jene Fähigkeit wieder erlischt. Alle diese Verhältnisse sind jedoch für jeden einzelnen Fall durch Untersuchung festzustellen.

b. Versuche mit Zweigen von Lycium barbarum.

In den Achseln der Blätter dieser Pflanze entstehen in normaler Weise Sprossanlagen, die vielfach nur ihre ersten grünen Laubblätter zur Entwickelung gelangen lassen, sonst aber die nächste Zeit im Knospenzustand verharren. Neben den primären Knospen gewahrt man in der Regel rechts und links über dem Tragblatt je ein seitliches Auge, die ersten Seitensprosse der primären Achselknospe. Jene können wieder an ihrer Basis Seitensprosse erzeugen, die dann natürlich über und unter ihnen stehen. — Auf das ziemlich verwickelte Verhältniss dieser verschiedenen

Sprossbildungen zu einander beim Auswachsen werde ich an einem anderen Orte genauer eingehen.

Auch an den Zweigen von Lycium barbarum finden sich in der Rinde Wurzelanlagen. Sie entstehen auch hier schon sehr früh am jungen Spross, und zwar in der Regel zunächst einzeln unter jedem Blattansatz. Ausser diesen bilden sich gewöhnlich noch eine oder zwei weitere über dem Achselspross. — An den genannten Orten finden sich die Anlagen fast regelmässig, gleichviel welche Lage der Zweig haben mag. Ist die letztere aber eine horizontale, so entstehen auf seiner Unterseite noch mehr oder minder, häufig sehr zahlreiche Wurzelanlagen, welche, an keinen bestimmten Ort gebunden, bald frei am Internodium, bald in der Nähe der Knospen auftreten. Die Anlagen selbst fallen sofort ins Auge als kleine Hügel unter der Rinde, oder als kleine Spitzen, welche die Letztere eben durchbrochen haben.

In Bezug auf den anatomischen Bau gehört unsere Pflanze zu denjenigen anormal gebauten Dicotyledonen, welche innerhalb des Holzkörpers in der Markscheide Weichbastbündel führen. Dieselben bestehen aus Siebröhren und Cambiformzellen, und haben einen meist beträchtlich grösseren Umfang, als die entsprechenden Gruppen ausserhalb des Cambiums.

Wir wollen nun zunächst unsern Fundamental-Versuch mit Lycium-Sprossen wiederholen. Zu dem Ende wählen wir im Monat März möglichst senkrecht gewachsene einjährige Zweige, schneiden sie in Stücke, und hängen diese aufrecht in Glashäfen auf. Die letzteren werden mit schwarzen Recipienten bedeckt und ausserdem noch in einen Schrank gestellt, der stets geschlossen gehalten wird.

Bei genügend hoher Temperatur wächst schon nach kurzer Zeit eine Anzahl von den in der Rinde vorhandenen Wurzelanlagen aus, und zwar meist in unregelmässiger Vertheilung über die ganze Zweiglänge. Ein Unterschied zwischen Spitze und Basis ist an manchen Zweigen nicht zu erkennen; an anderen ist die Basis durch eine grössere Zahl von Wurzeln ausgezeichnet; an noch anderen ist in der Zahl der letzteren kein Unterschied vorhanden, aber die basalen erfahren ein längeres Wachsthum, als die in der Mitte und mehr nach der Spitze des Zweiges hin gelegenen.

Anders verhalten sich die Knospen. Von ihnen wachsen anfänglich fast stets nur die in der Nähe der Spitze stehenden

aus; und während sie sich zu kurzen Trieben entwickeln, deren Länge von der Spitze aus abnimmt, folgen ihnen noch einige weitere, bis etwa in der Mitte des Zweiges der Process des Auswachsens erlischt. Weiter nach der Basis hin kommt seltener ein Auge zur Entwickelung.

Stellt man dagegen denselben Versuch im Monat Juli oder August an und verwendet statt der jährigen Zweige solche, welche erst wenige Monate alt sind, so erhält man ein ähnliches Resultat, wie es früher die entsprechend alten Weidenzweige lieferten. Es bilden sich jetzt Wurzeln nur in der Nähe der Basis, während Knospen lediglich an der Spitze auswachsen.

Es zeigt sich also auch hier, dass der polare Gegensatz an jungen Zweigen am schärfsten ausgeprägt ist und dass mit zunehmendem Alter die lateralen Vegetationspunkte an Selbstständigkeit gewinnen. Dies gilt, wie erwähnt, in geringerem Grade von den Knospen, in viel höherem dagegen von den Wurzeln. — Wie diese Zweige sich bei Umkehrung verhalten, wird später gezeigt werden.

Es handelt sich nun noch darum, welchen Einfluss der Ringelschnitt auf diese Zweige ausübt. Nach schon vorhandenen Untersuchungen aus der Lehre von der Säftebewegung dürfen wir erwarten, dass derselbe hier keine Lebenseinheiten erzeugt; und dies trifft in der That zu. Ein Ringelschnitt, der vollständig bis auf das Holz geht, bildet keine zwei Einheiten, sondern stellt nur eine locale Verwundung dar ohne Einfluss auf das individuelle Verhalten des Ganzen. Wohl kommt es vor, dass ein einzelnes Auge unter dem Ringelschnitt in Folge des Durchschneidens der äusseren Weichbastelemente etwas auswächst, allein niemals haben wir die völlige Trennung der Individuen, welche die genannte Operation an Zweigen mit normalem dicotylen Bau erzeugt.

c. Versuche mit Zweigen von Ampelopsis hederacea.

Die Zweige dieser Pflanze führen in den Achseln ihrer Blätter in gewohnter Art Axillar-Sprosse, unter denen gewöhnlich noch weitere entstehen, die, wie es scheint, accessorische Bildungen sind. Von Wurzelanlagen habe ich in der Rinde nichts wahrgenommen, auch in der Nähe der Knospen, wo sie später mit besonderer Vorliebe entstehen, wurden keine gesehen.

Ungefähr 36 Ctm. lange Stücke von kräftigen abwärts-

hängenden Zweigen unserer Pflanze wurden in gewohnter Art im Glashafen theils aufrecht, theils verkehrt aufgehängt. Die Zweige waren einjährig; der Versuch wurde im Anfang März angestellt. Diejenigen Schnitte, welche die Basis bestimmten, wurden verschieden geführt; im einen Falle unmittelbar unter einem Auge, im anderen 6 — 8 Mm. davon entfernt, und endlich mitten im Internodium, 6 - 7 Ctm. vom Basalauge entfernt. — Aller Lichteinfluss wurde möglichst ausgeschlossen; die Zimmer-Temperatur betrug 16 — 20° C.

Der Versuch ergab folgendes Resultat. Zunächst bildete sich unmittelbar über allen basalen Schnittflächen, gleichviel ob die Zweige aufrecht oder verkehrt hingen, je ein Kranz von 4—6 Wurzeln. Diese Wurzeln entstanden hier selbst dann noch, wenn der Schnitt nur gegen 6 Mm. unterhalb eines Auges geführt worden war. Näherte sich derselbe dem Auge noch mehr, so nahmen die Wurzeln ihre Stellung rings um das Auge und demselben gegenüber. — Ausser den genannten wurden noch weitere Wurzeln in der Nähe der Knospen erzeugt; ihre Zahl war hier wechselnd, von fünf herab bis auf eine, und selbst diese fehlte in manchen Fällen. Ihr Ort ist über und unter dem Auge, zu beiden Seiten desselben, und endlich auf gleicher Höhe mit demselben auf der ihm entgegengesetzten Seite des Zweiges. (Taf. II, Fig. 9, 20 u. 21.) Sie entfernen sich niemals sehr weit vom Auge; das Internodium führt in seinem mittleren Theile keine Wurzeln, ausser wenn, wie erwähnt, die Basis in denselben verlegt wird. — Zwischen den Wurzeln der Basis und denen in der Nähe der Knospen, auch wenn diese an der Spitze des Zweigstückes stehen, ist kein Unterschied vorhanden; sie sind an beiden Orten gleich stark und kräftig, und mit Haaren dicht besetzt. Bei genügender Dauer des Versuches produciren sie Seitenwurzeln.

Die Knospen wuchsen meist sämmtlich aus, doch so, dass die apicalen vorangingen, während ihnen die übrigen bis zur Basis allmälig folgten. Alle endigten in Blüthenständen, die aber alsbald vergeilten, später in Zersetzung übergingen, und somit eine weitere Beobachtung der Objecte nicht gestatteten.

Nach dem Vorstehenden offenbaren sich also Spitze und Basis der Zweige von Ampelopsis hederacea darin, dass die Knospen an der Spitze zuerst auswachsen, und dass ausser in der Nähe der Augen nur an der Basis Wurzeln entstehen. Dieser

Unterschied gilt aber nur für die ersten Wachsthums-Stadien; was in den folgenden geschieht, wurde nicht beobachtet.

Ich habe schon erwähnt, dass es unentschieden blieb, ob die Wurzeln in der Nähe der Knospen als ruhende Anlagen normal vorhanden sind, oder nicht. Jedenfalls ist aus ihrer regelmässigen Stellung zu schliessen, dass die locale Disposition zu ihrer Bildung, gleichviel in welcher Form, schon vorhanden ist. Zwischen Disposition zu einer Anlage und wirklicher Anlage dürfte aber, wie früher erwähnt, nur ein gradueller Unterschied stattfinden.

d. Versuche mit Zweigen von Sambucus nigra.

Die Blätter dieser Pflanze stehen bekanntlich in zweigliedrigen alternirenden Quirlen. In der Achsel jedes Blattes wird ein Spross gebildet, unter dem bald eine und ausser dieser selbst noch mehrere accessorische Knospen entstehen. Eine übrigens nur rasche Untersuchung liess in der Rinde keine Wurzelanlagen erkennen; ich glaube aber, dass auch hier, und zwar im Knoten, die örtliche Disposition dazu vorhanden ist.

Einjährige Zweigstücke dieser Pflanze, deren Basis durch den Schnitt stets in die Mitte des Internodiums verlegt war, wurden im Glashafen aufgehängt. Die Entwickelung der Wachsthumsprocesse ging sehr langsam von Statten. Nach Verlauf von etwa 20 Tagen bildete sich unmittelbar über der basalen Schnittfläche ein Ring von Wurzeln, während am entgegengesetzten Ende, am apicalen Knoten, die primären Knospen etwas auswuchsen. — Ausser den basalen Wurzeln wurden in einzelnen Fällen keine weiteren erzeugt; in andern gingen dagegen einzelne, sehr starke aus dem Knoten hervor. — Diese sind es, zu denen die Anlage oder die Disposition zu dieser schon vorher im Zweige ruhen dürfte.

e. Versuche mit Zweigen von Pirus.

Aus der gärtnerischen Praxis ist bekannt, dass die meisten Pirus-Arten sich durch Stecklinge gar nicht oder nur sehr schwer vermehren lassen. Es hat dies seinen Grund in der grossen Schwierigkeit, mit welcher dieselben Wurzeln bilden. Dem entsprechen auch die Versuche, welche mit Zweigen von P. dasyphylla angestellt wurden. Stücke derselben, in bekannter Art im Glashafen aufgehängt, bedeckten sich dicht mit Lenticellen, producirten

aber keine Wurzeln. Dagegen wuchsen an den Spitzen die Augen um ein Geringes aus.

Wir verlassen damit vorläufig die Pflanzen mit holzigem Stamm, und gehen zu denjenigen über, welche krautige Stengel führen. Es soll uns zunächst eine Pflanze beschäftigen, welche für die gesammte Darstellung von hervorragender Bedeutung ist, nämlich das der Familie der Melastomeen angehörende Heterocentron diversifolium.

f. Versuche mit Zweigen von Heterocentron diversifolium.

Die Stengel dieser Pflanze führen zweigliedrige alternirende Quirle von Blättern, die einem wohl ausgebildeten Knoten inserirt sind. In der Achsel jedes Blattes wird früh ein Sproß erzeugt, an dessen Fuss zwischen ihm und dem Tragblatt häufig noch ein zweiter entsteht.

Den anatomischen Bau dieser Pflanze habe ich früher einer speciellen Untersuchung [1]) unterworfen. Ausser dem normalen dicotylen Holzkörper führt der Stamm Gefässbündel in den vier vorspringenden Rindenflügeln, und, was für uns von besonderer Bedeutung ist, im Mark. Sie liegen hier isolirt in einer Zahl von 3—6, und bestehen der Hauptsache nach aus Weichbastelementen, besonders aus Siebröhren. In derselben Art zusammengesetzte Stränge finden sich ferner in der Markscheide als „innere Weichbasttheile" der Gefässbündel. Ueber alles Weitere verweise ich auf meine ausführliche Untersuchung.

Was für uns besondere Wichtigkeit hat, ist der Umstand, dass auch das Heterocentron an älteren Knoten sehr häufig Wurzeln erzeugt, die ähnlich denen der Weide als kleine Anschwellungen in der Rinde verborgen bleiben, und erst auswachsen, sobald sie in ein ihnen zusagendes Medium gelangen. Da die genaue Kenntniss des Ortes dieser Wurzeln für das Experimentiren mit den Zweigen unerlässlich ist, so seien noch einige weitere Bemerkungen darüber vorausgeschickt. — Wenn auch nicht regelmässig, so finden sich diese Anlagen doch sehr häufig an älteren Knoten; an jüngeren beobachtet man sie sehr selten. Gewöhnlich treten sie hervor, wenn die Anlage eines Achsel-

[1]) *H. Vöchting.* Der Bau und die Entwickelung der Melastomeen. — Botan. Abhandlungen herausgeg. von Hanstein. III. Bd. 1. Hft. Bonn, 1875. S. 4.

sprosses sich zum Triebe entwickelt. Steht der Zweig senkrecht aufrecht, so dass die eine Längsseite desselben das volle Licht, vielleicht zeitweise directes Sonnenlicht erhält, so trifft man die Anschwellungen in der Regel auf der Schattenseite der Knoten. Ist die Lage der Zweige eine horizontale oder so geneigte, dass die Oberseite die stärkstbeleuchtete ist, so finden sich die Anlagen vorwiegend auf der nach unten gerichteten Seite der Knoten. Doch gilt dies nicht als strenge Regel. In beiden Fällen, zumal im ersteren, kommen Ausnahmen vor, in denen sie auch auf der beleuchteten Seite stehen. Ihr Ort ist gewöhnlich streng am Knoten, unter dem kleinen Wall, der rings um die blattfreien Seiten des Knotens läuft. Demnächst finden sie sich am häufigsten gleich neben der Blattbasis, oder auch etwas höher neben der Ansatzstelle des Achselsprosses. Seltener stehen sie etwas tiefer unterhalb des Knotens neben den vorspringenden Kanten am Stengel. Verhältnissmässig sehr selten dagegen findet man sie entfernt vom Knoten am Internodium; an jungen Zweigen habe ich sie an diesen Orten nie beobachtet, während sie an älteren nur sehr vereinzelt vorgekommen sind.

Man hat daher, sobald man mit älteren Zweigen experimentiren will, dieselben zuvor einer genauen Besichtigung zu unterwerfen. Sind sichtbare Anlagen vorhanden, so bezeichnet man sie am besten durch eine in der Nähe angebrachte Lackmarke. Doch ist dies nicht einmal unbedingt nöthig, denn jene Anlagen kennzeichnen sich selbst am besten. Sie wachsen nämlich meistens, sobald der Zweig vom Stamm getrennt, und in eine feuchte Atmosphäre gebracht wird, sofort zu langen und kräftigen Wurzeln aus. Bei genügend hoher Temperatur, 22—28° C., gewahrt man meist schon am 2. oder 3. Tage nach der Einleitung des Versuches den Beginn des Auswachsens der Anlagen, ein Process, der sich dann sehr rasch fortsetzt; während die Hügel der völlig neugebildeten Wurzeln frühestens am 5. oder 6. Tage wahrgenommen werden. Hierin liegt das beste Unterscheidungsmittel der beiderlei Bildungen. Dagegen wird die Sache sehr schwierig, wenn vor Beginn des Versuches an den Knoten keine Anlagen sichtbar waren, und nun während desselben dort dennoch Wurzeln producirt werden. Wenn die letzteren nicht stärker sind, als die basalen und mit diesen gleichzeitig entstehen, so wird man sie wohl ebenso wie diese als reine, während des Versuchs ent-

standene, Neubildungen betrachten können; entwickeln sie sich dagegen kräftiger, so dürften sie aus kleinen, äusserlich nicht sichtbaren Anlagen hervorgegangen sein. Jedenfalls ist niemals zu vergessen, dass die Disposition zur Wurzelbildung in dem Knoten unserer Pflanze vorhanden ist, und nach dem schon wiederholt Gesagten dürfte von der Disposition zu einer Anlage zur wirklichen Anlage kein allzu grosser Schritt sein.

Bevor wir zur Darstellung der Versuche übergehen, sei noch erwähnt, dass man dazu am besten Pflanzen verwendet, welche während der warmen Sommerszeit im Freien oder wochenlang im Versuchszimmer gewachsen sind. Da ich eine grössere Anzahl von Pflanzen zu meinen Versuchen nöthig hatte, so zog ich mir dieselben im Zimmer selbst aus Stecklingen, ein Verfahren, das überall leicht gelingt.

Wir beginnen nun mit dem schon mehrerwähnten Fundamental-Versuch. Hängt man Stücke möglichst senkrecht gewachsener junger Zweige unsrer Pflanze, an denen keinerlei Wurzelanlagen sichtbar, und denen die Blätter bis auf kurze Stücke der Stiele genommen sind, aufrecht im Glashafen auf, und schliesst den Einfluss des Lichtes aus, so bilden sich bei genügender Temperatur sehr bald an der Basis Wurzeln. Dieselben gehen aus der Rinde unmittelbar über der Schnittfläche hervor, nach meinen Erfahrungen niemals aus der letzteren selbst. Sie wachsen anfangs meist horizontal vom Stengel weg; erst wenn sie einige Länge erreicht haben, fangen dieselben an, der Spitze eine leichte Neigung nach unten zu geben. Bei horizontaler Schnittfläche stehen sie ziemlich gleichmässig auf allen vier Seiten des Stämmchens, und nehmen von den Seiten der stärkeren Gefässbündel ihren Ursprung. Man kann den Schnitt im Bereich des Internodiums auf jeder beliebigen Höhe bis zu 3—4 Mm. Entfernung unterhalb des Knotens führen, stets wird die Basis in gleicher Weise definirt; nur selten entfernen sich die Wurzeln, ausser auf ganz kurze Strecke, von der Schnittfläche. Nähert man diese dagegen dem Knoten bis auf die angegebene Weite, dann bilden sich die Wurzeln an diesem und über der Schnittfläche; sie können auch zwischen beiden auftreten oder endlich lediglich am Knoten. Unter der Voraussetzung, dass im Knoten keine Anlagen vorhanden sind, könnte man die oben genannte Entfernung offenbar als ein Maass für den Vorzug benutzen, mit

welchem der Knoten der basalen Schnittfläche gegenüber befähigt ist, Wurzeln zu bilden. Dass die an der Basis entstehenden Wurzeln auch in diesem Falle echte Neubildungen darstellen, kann keinen Augenblick zweifelhaft sein. Wollte man sie als aus schon vorhanden gewesenen Anlagen hervorgegangen betrachten, so würde man zu der Annahme gezwungen, dass die ganze innere Rinde — wegen der häufig grossen Zahl der Wurzeln — normal dicht mit Wurzelanlagen bedeckt sei. Allein auch die genaueste mikroskopische Untersuchung lässt von diesen nichts gewahren. Sowohl früher während meiner anatomischen Untersuchung, als auch jetzt wieder sind mir sehr zahlreiche Stammquerschnitte von dieser Pflanze durch die Hände gegangen. Stets wurden aber Wurzelanlagen nur ganz ausnahmsweise und an den schon bezeichneten Orten beobachtet.

Besitzt das Stengelstück noch seinen Vegetationspunkt, so wächst dieser in der Regel während der eben geschilderten Vorgänge an der Basis ein wenig weiter; doch kann er auch längere Zeit in scheinbarer Ruhe verharren. Ist der Vegetationspunkt der Hauptaxe selbst nicht mehr vorhanden, so bildet sich das am weitesten entwickelte Auge desjenigen Knotens aus, welcher der Spitze am nächsten steht. Ist über dem apicalen Knoten ein Stück Internodium gelassen, so bleibt dieses zuweilen stehen; in anderen Fällen aber geht es nach einiger Zeit von der Spitze aus in Zersetzung über, und wird, ehe die letztere noch bis zum Knoten vorgedrungen ist, unmittelbar über diesem mit glatter Rissstelle abgeworfen. Diese Thatsache, welche einiges Interesse hat, gehört zu den eigenthümlichen Erscheinungen der Abgrenzung von Individuen, die später eine genauere Besprechung finden sollen.

Sind an den Versuchs-Objecten schon bei der Einleitung des Experiments Wurzelanlagen vorhanden, so wachsen diese, wie oben erwähnt, meist sofort aus. Sicher geschieht dies an den Knoten, welche der Basis nahe gelegen sind. Ausser jenen entstehen aber noch weitere als echte Neubildungen an der Basis. Dieser Vorgang hat dann ein erhöhtes Interesse, wenn man ältere kurze Zweigstücke wählt, die nur wenig plastisches Material enthalten. Es bilden sich in diesem Falle die vorhandenen Anlagen sämmtlich oder theilweise sofort aus, und die daraus hervorgehenden Wurzeln erlangen meist eine beträchtliche Stärke. Erst ganz spät, je nach der Temperatur in 6 — 10 — 12 oder selbst

auch 14 Tagen gewahrt man an der Basis über der Schnittfläche kleine Anschwellungen, welche, wenn das plastische Material ausreicht, zu kleinen Wurzeln auswachsen, sonst als Anlagen ruhen bleiben. In keinem Falle springt die Bedeutung der Basis für die Erzeugung der Wurzeln so sehr in die Augen, wie in diesem. — Ich stellte derartige Versuche zuerst im September 1875 an. Aeltere Stengelstücke, denen die Blätter genommen waren, mit je einem oder zwei Knoten und einem kürzeren oder längeren Basalstück wurden aufrecht, verkehrt oder horizontal im Glashafen aufgehängt. Um ein paar Beispiele herauszugreifen, sei erwähnt, dass ein mit zwei Knoten besetzter Zweig an dem apicalen derselben auf jeder (ursprünglich) blattfreien Seite je eine Wurzelanlage, an dem basalen auf der einen Seite nur eine führte. Dieser Zweig hing aufrecht. — Ein anderer Zweig mit ebenfalls zwei Knoten, der die umgekehrte Richtung hatte, besass am apicalen Knoten drei Anlagen, von denen eine an der Basis eines schon vor längerer Zeit abgeschnittenen Seitenzweiges, die beiden andern an den blattfreien Seiten standen; der basale Knoten führte an den letztgenannten Orten je eine Anlage.

Schon am zweiten Tage nach Einleitung des Experiments (6. September) konnte man den Beginn des Auswachsens der Anlagen gewahren. Es bildete sich an dem aufrecht hängenden Zweige an jedem Knoten eine Wurzelanlage aus; an dem verkehrt hängenden Zweige waren es am apicalen Knoten zwei, am basalen Knoten eine, welche auswuchsen. Alle übrigen Anlagen blieben bis jetzt und auch ferner im Ruhezustande. — An den Basen der Zweige war zunächst noch nichts zu sehen; allein nach Verlauf von 14 Tagen, während welcher die ausgewachsenen Wurzeln eine Länge von 6 Mm. erreicht hatten, zeigten sich dicht über den basalen Schnittflächen kleine Anschwellungen, die im einen Falle zu Würzelchen auswuchsen, während sie es im andern nicht zum Durchbrechen der Rinde brachten. Derselbe Versuch, gleich damals und später wiederholt angestellt, ergab stets das gleiche Resultat. Von den Zeichnungen, die ich über die erstgenannten Fälle entwarf, ist eine, die des verkehrt hängenden Zweiges, auf Taf. II, Fig. 11 abgebildet. Bei s die Spitze, bei b die Basis des Stückes. An den Knoten sind die Wurzeln, w, w, zu grösserer Länge ausgewachsen; an der Basis haben sie die Rinde nur eben durchdrungen.

Die eben beschriebenen Thatsachen beleuchten in besonders klarer Weise das Verhältniss von echten Neubildungen und vorhandenen Anlagen zu einander. Jede vorhandene Wurzelanlage stellt den Sitz einer Specialkraft dar, welche von der allgemeinen inneren Kraft bis zu einem gewissen Grade unabhängig ist. Der letzteren zufolge sollen bei unsren Zweigen die Wurzeln nur an der Basis gebildet werden. Stehen nun die Anlagen an der Basis, so wirken die allgemeinen und die besonderen Kräfte in gleichem Sinne; liegen sie entfernter davon, so sind die Kräfte in divergirender Richtung thätig, und zwar natürlich um so mehr, je grösser die Entfernung der Anlagen von der Basis ist, und je entwickelter die Anlagen sind. — Die letzteren raffen soviel Material an sich, dass zu der Zeit, in welcher zum Zweck der Ausbildung der basalen Neuanlagen, deren erste Bildung wahrscheinlich schon bald nach der Führung des Schnittes begann, ein grösseres Quantum von plastischen Stoffen erforderlich ist, diese schon so weit verbraucht sind, dass von jenen Neuanlagen kaum die ersten Entwickelungsstadien überschritten werden können.

Es giebt aber das vorliegende Beispiel zugleich eine Mahnung zu vorsichtigem Schliessen. Zuerst leuchtet ein, dass, wenn in einer Summe von Experimenten einzelne Zweigstücke an ihren Basen keine sichtbaren Wurzelanlagen producirt hätten, denselben darum doch nicht die Fähigkeit dazu abgesprochen werden könnte. Es wären dann eben innere oder auch äussere Verhältnisse vorhanden gewesen, welche die Production derselben verhindert hätten. — In ähnlicher Weise werden wir aber auch dann schliessen müssen, wenn es bei einzelnen Pflanzen-Arten nicht gelingen will, neben schon vorhandenen Anlagen noch Neubildungen von Wurzeln, oder, wenn die ersteren fehlen, die letzteren allein hervorzurufen. Auch dann werden wir aller Wahrscheinlichkeit nach annehmen dürfen, dass in solchen Zweigen die Fähigkeit der Wurzelbildung vorhanden ist, dass sie aber durch entgegenwirkende Einflüsse aufgehoben wird.

Es wurde oben gezeigt, dass schon das einfache Internodialstück eines jungen Weidenzweiges im Stande ist, an seiner Basis Wurzeln zu produciren, die aber stets nur sehr kurz bleiben. Ungleich leichter gelingt der Versuch mit Zweigstücken von Heterocentron diversifolium; und gerade diese Pflanze war es, mit deren Zweigen dieses Experiment überhaupt zuerst angestellt wurde. —

Hängt man längere derartige Stücke von jungen, kräftigen, rasch gewachsenen Zweigen im Glashafen auf, so erzeugen sie bei genügend hoher Temperatur schon nach kurzer Zeit an ihrer Basis einen Kranz von Wurzeln. (Vergl. die beistehende Figur, b.) Zahl und Länge dieser Wurzeln sind sehr verschieden. Hat das Stengelstück genügende Dicke, so können sie nach beiden Richtungen überraschend entwickelt werden. Sie entstehen aber an solchen Stücken auch dann noch, wenn diese nur sehr klein sind. (Taf. I, Fig. 7 giebt den Umriss eines solchen Stückes in natürlicher Grösse.) Ich habe Wurzeln auch noch an solchen sich bilden sehen, welche nur 25 Mm. lang und 2 Mm. dick waren; freilich blieben sie in diesem Falle nur sehr klein. — Dagegen ist es

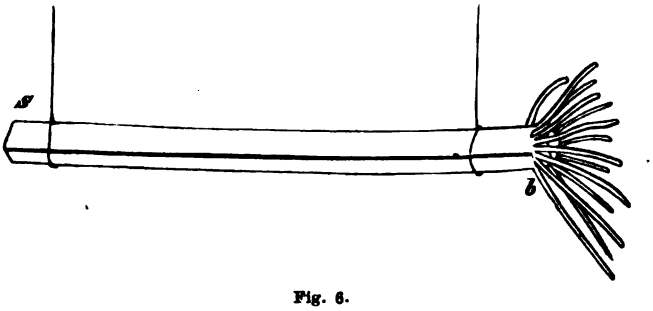


Fig. 6.

mir auch bei dieser Pflanze niemals gelungen, an der Spitze eines Internodialstückes Knospen hervorwachsen zu sehen. Es liegt aber auf der Hand, dass man auch in diesem Falle kein Recht hat, die Fähigkeit zur Erzeugung derselben abzusprechen, und zwar einfach aus dem schon vorhin genannten Grunde.

Wie bei Lycium, so kann auch hier auf Grund des anatomischen Baues der Ringelschnitt keine Individuen erzeugen. Führt man denselben an kräftigen Zweigen vorsichtig so aus, dass Weichbast und Cambium innerhalb des Ringes vollständig entfernt sind, so bilden sich über dem Schnitt keine Wurzeln, während sie an der durch den vollständigen Schnitt definirten Basis reichlich hervorsprossen. Doch gilt dies nicht als strenge Regel; es kommen vielmehr mannigfache Ausnahmen vor. Durch das Durchschneiden der kleinen äusseren Weichbastbündel entstehen local besondere Basen, und an diesen bilden sich häufig vereinzelte Wurzeln.

In noch höherem Maasse trifft dies dann zu, wenn nicht ein Ringelschnitt, sondern ein einseitiger, aber tieferer, etwa bis in die Mitte des Markes reichender Einschnitt in den Zweig gemacht wird. Trotz der unverletzt gebliebenen gegenüberliegenden Hälfte werden über der Schnittstelle stets Wurzeln erzeugt, die freilich gewöhnlich nicht die Länge der an der allgemeinen Basis stehenden erreichen. Vergl. Fig. 7, 3 u. 4.

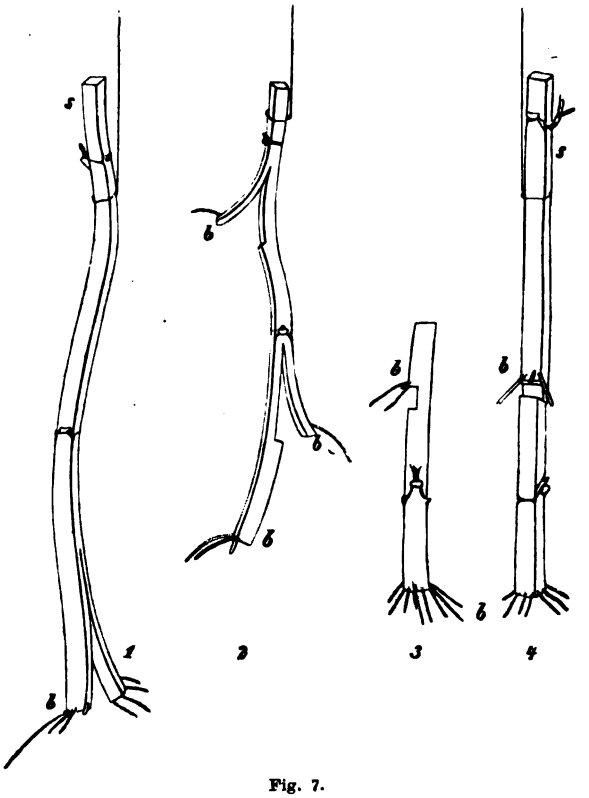


Fig. 7.

Auch der Länge nach lassen sich hier leicht Trennungen ausführen. Spaltet man an einem Zweige die Basis auf kürzere oder längere Strecke in zwei Hälften, so bilden sich an jeder derselben über der Schnittfläche Wurzeln. Fig. 7, 1. Dasselbe geschieht, wenn man die Spaltungen local an beliebigen höher gelegenen Orten der Zweige ausführt. Fig. 7, 2. Macht man an der Basis eines kräftigen Zweiges einen tief eindringenden Keil-

schnitt, so entstehen die meisten Wurzeln auf den beiden am tiefsten nach unten vorragenden, scharf auslaufenden Stammhälften; vereinzelt finden sie sich dagegen auch an jeder höher gelegenen Durchschnittsstelle eines Gefässbündels. Das Gewebe des Stengels dieser Pflanze besitzt eine grosse Resistenz; selbst wenn die einseitig keilförmig zugespitzten Hälften sehr scharf auslaufen, geht davon gewöhnlich durch Zersetzung nur wenig verloren, und es entstehen die Wurzeln dicht über der vorspringenden Kante.

In allen Fällen aber entspringen die Wurzeln aus der Rinde, nie aus der Schnittfläche.

Auch für die Zweige des Heterocentron wurde die Frage nach dem Einfluss des Alters derselben auf den Verlauf der Wurzelbildung einer Behandlung unterworfen. Sieht man auch bei diesen Zweigen von den allerjüngsten Theilen ab, welche isolirt sehr leicht in Fäulniss übergehen, so lässt sich hier unschwer nachweisen, dass junge kräftige Zweigstücke, deren Holzbildung noch nicht sehr weit vorgeschritten ist, leichter und zahlreicher Wurzeln produciren, als ältere mit schon festerem Holzkörper. Hängt man im Nachsommer Zweigstücke von möglichst gleicher Grösse, am besten Internodialstücke, deren eine noch jung sind, die anderen dagegen der ersten Vegetationsperiode des Frühlings entstammen, neben einander in demselben Glashafen auf, so wird man fast stets finden, dass die ersteren bezüglich der Zahl und der Schnelligkeit des Wachsthums der Wurzeln den letzteren voraneilen. Ja diese produciren manchmal nur sehr wenige oder auch keine Wurzeln; und in noch höherem Grade trifft dies dann zu, wenn man Zweigstücke vom Vorjahre zum Versuche anwendet.

g. Versuche mit Zweigen von Tradescantia Sellowi und zebrina.

Die Zweige dieser Pflanzenarten sind mit zwei Zeilen alternirend gestellter Blätter besetzt, die bei liegendem Stengel auf den beiden Horizontal-Seiten desselben stehen. Jedes Blatt ist einem wohlentwickelten Knoten aufgesetzt. Auf der Unterseite eines jeden derselben entwickeln sich schon nicht weit unter der Stammspitze 2—4 Wurzelanlagen, die lange Zeit in der Rinde verborgen bleiben können, und erst auswachsen, wenn sie mit dem feuchten Boden in Berührung kommen, oder in eine feuchte

Atmosphäre gelangen. Am Internodium der Stengel entstehen niemals derartige Anlagen.

Hängt man Zweige dieser Pflanzen, welche noch ihren Vegetationspunkt führen, und an den älteren Knoten mit Wurzelanlagen besetzt sind, im Glashafen auf, so bilden sich die letzteren sofort aus; und zwar in der Art, dass erst die des basalen Knotens hervorbrechen, dann die des folgenden, u. s. f. Es können so an 12—18 Ctm. langen aufrecht hängenden Zweigen 4 bis 5 Knoten mit ausgewachsenen Wurzeln vorhanden sein. Anfänglich nimmt die Länge der Wurzeln von der Basis nach der Spitze hin allmälig ab; später verschwindet dieser Unterschied häufig, während er in anderen Fällen erhalten bleibt.

Von den früher genannten weichen diese Pflanzen darin ab, dass ihre Wurzeln stets nur an den Knoten, niemals am Internodium entstehen. Zahlreiche Versuche, in denen unter dem basalen Knoten Internodialstücke von verschiedener Länge gelassen wurden, ergaben stets übereinstimmend das Resultat, dass die durch den Schnitt definirte Basis von Wurzeln frei blieb, dass die letzteren stets nur aus den Knoten entsprangen. Bemerkenswerth ist dagegen, dass diese basalen Internodialstücke niemals abgeworfen werden; sie bleiben selbst dann noch frisch, wenn apicale derartige Stücke längst in Zersetzung übergegangen sind.

h. Versuche mit Zweigen von Lepismium radicans.

Diese der Cacteen-Gruppe der Rhipsalideen angehörige, und für unsere spätere Untersuchung wichtige Pflanze besitzt Sprosse, welche mit zwei, drei oder selten vier vorspringenden Kanten versehen sind. Die Blättchen sind unscheinbar, schuppenartig und sitzen auf den vorspringenden Kanten; sie fallen gewöhnlich schon früh ab. Ist der Stengel zweikantig, so nimmt er häufig eine breite blattartige Form an. In fast allen Fällen erzeugt derselbe Luftwurzeln, die auf den blattlosen Seiten über dem kleinen Holzkörper stehen, und hier längere oder kürzere Längsreihen bilden. Genauere Angaben über die Morphologie und Entwickelungsgeschichte dieser interessanten Pflanze wolle man in meiner Abhandlung über die genannte Gruppe nachsehen.[1])

[1]) *H. Vöchting.* Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen. Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX. S. 327 ff.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Man könnte nun der Luftwurzeln halber erwarten, dass hier die Basis in Bezug auf Wurzelproduction nicht so scharf ausgesprochen wäre, wie in den früheren Fällen, allein dies wäre ein Irrthum. — Hängt man Zweigstücke unseres Lepismium gleichviel ob mit oder ohne den primären Vegetationspunkt im Glashafen auf, so bilden sich nach einiger Zeit an der Basis Wurzeln. Dieselben entstehen hier aber, abweichend von den oben genannten Pflanzen, nicht aus der Rinde, sondern aus der Schnittfläche selbst, und zwar aus dem äusseren Theile des normalen Holzkörpers, welcher das kleine Mark umschliesst. Der Versuch gelingt in gleicher Weise, wenn man solche Stücke zum Versuche verwendet, welche keine Luftwurzeln führen, oder solche, welche schon dergleichen besitzen, und selbst dann noch, wenn an denselben junge und im Wachsthum begriffene Wurzeln vorhanden sind. In diesem Falle haben wir das gerade Gegentheil von der zuletzt beschriebenen Tradescantia: selbst im vollen Wachsthum begriffene vorhandene Wurzelanlagen vermögen die neubildende Thätigkeit der Basis nicht auszuheben.

Ist sonach die Basis in Bezug auf Wurzelbildung scharf ausgesprochen, so kann man dies jedoch nicht in gleicher Weise von der Spitze hinsichtlich der Ausbildung von Knospen sagen. Es wachsen die letzteren in dem angegebenen Versuch, wenn überhaupt, sowohl an der Spitze, wie an beliebigen Punkten der Stengelstücke aus. Nach dem eigenthümlichen Bau aber, den die Achselproducte dieser Pflanze haben [1]), kann uns diese Thatsache nicht in Verwunderung setzen. Welche Umstände es sind, die einer Sprossanlage einen Vorzug in der Entwickelung vor anderen gewähren, lässt sich ohne speciell darauf gerichtete Untersuchung nicht angeben; und diese dürfte hier nur mit grosser Schwierigkeit anzustellen sein. — Jedenfalls berechtigt nichts, das manchmal abweichende Verhalten dieser Sprosse als eine Ausnahme von der allgemeinen Regel hinzustellen. Wir werden später sehen, dass gerade die Spitzen dieser Zweige durch sehr charakteristische Merkmale von den Basen unterschieden sind.

In allen Hauptpunkten dem Lepismium gleich verhalten sich noch andere Cacteen, von denen ich Rhipsalis paradoxa, Phyllocactus alatus und Ph. phyllanthoides näher untersucht habe. Eine

[1]) l. c. S. 344 ff.

weiter ausgedehnte Untersuchung würde aller Wahrscheinlichkeit nach ergeben, dass die meisten, wenn nicht alle, Cacteen in Bezug auf die hier berührten Punkte ein übereinstimmendes Verhalten zeigen.

1. Versuche mit Zweigen von Begonia-Arten.

Die Arten, deren Stengel zu Versuchen verwendet wurden, sind Begonia discolor, dipetala, fuchsioides und floribunda.[1]) — Die Blätter aller dieser Arten stehen einzeln, und der Stengel hat an ihrer und der Nebenblätter Ansatzstelle jedesmal einen wohlentwickelten, oft weit nach aussen vorspringenden Knoten, der nicht selten eine rothe Farbe besitzt – Ein näheres Eingehen auf den inneren anatomischen Bau der Stengel wird durch die im Nachfolgenden mitzutheilenden Versuche nicht erfordert. Uebrigens sei in Bezug darauf und besonders auf den Bau der Knoten auf die Abhandlung von *Hildebrand*[2]) verwiesen.

In Bezug auf die Wurzelbildung während des Versuches verhalten sich nicht alle Arten gleich.

Hängt man Zweige von B. floribunda oder fuchsioides aufrecht im Glashafen auf, so erzeugen sie über der Schnittfläche an der Basis einen Kranz von Wurzeln. Es ist dabei gleichgültig, ob der Schnitt mitten durch das Internodium oder in der Nähe des Knotens geführt wird; stets entstehen die Wurzeln dicht über der Schnittfläche. Dennoch hat der Knoten in Bezug auf Wurzelbildungsfähigkeit einen Vorzug; und zwar geht dies daraus hervor, dass ausser den erstentstandenen Wurzeln an der Basis zwar nicht regelmässig, aber doch häufig noch weitere an den höher gelegenen Knoten, und zwar nur an diesen, entspringen. Es ist diese Erscheinung zumal dann zu beobachten, wenn ältere Zweigstücke zum Versuche verwendet werden.

Abweichend hiervon verhalten sich Begonia dipetala und B. discolor. Die erstere erzeugt über jeder basalen Schnittfläche ebenfalls einen Wurzelkranz, gleichviel ob dieselbe in's Internodium oder in den Knoten verlegt wird. Niemals aber wurde an den aufrecht hängenden Zweigen dieser Pflanze eine Wurzel-

[1]) Die Namen sind den Bestimmungen des Bonner botanischen Gartens entnommen.

[2]) *Hildebrand.* Anatomische Untersuchungen über die Stämme der Begoniaceen Berlin, 1859.

production an höher gelegenen Orten beobachtet. Auch scheint hier, wie sich später zeigen wird, der Knoten keine Bevorzugung in der Fähigkeit der Wurzelerzeugung zu besitzen. — Die zweite der genannten Arten hat in den bis jetzt von mir angestellten sehr zahlreichen Versuchen im dunkel gestellten Glashafen Wurzeln weder an der Basis noch an einem andern Orte producirt. Sie thut dies wohl, und zwar mit ziemlicher Leichtigkeit, wenn man das basale Ende der Zweigstücke in einen mit Erde gefüllten Topf steckt, und das Ganze, mit einer Glasglocke bedeckt, dem Lichte aussetzt; sie weigert sich dagegen hartnäckig gegen Wurzelerzeugung, wenn man die Zweige in die vor Lichteinfluss geschützte feuchte Atmosphäre bringt. Und zwar gilt dies sowohl für junge, noch weiche und saftige Zweige, als für ältere, deren Gewebe schon eine härtere und festere Textur angenommen haben.

Dagegen wächst an den diesen Bedingungen ausgesetzten Zweigen der primäre Vegetationspunkt, oder, wenn dieser nicht vorhanden, die am apicalen Knoten stehende Achselknospe mehr oder weniger lang aus.

Allein trotz ihrer Hartnäckigkeit hinsichtlich der Wurzelerzeugung ist die Begonia discolor für uns doch von besonderem Werthe. Sie bildet nämlich, was alle früher besprochenen Pflanzen versagten, Adventiv-Sprosse an isolirten Internodialstücken.

Allerdings könnte es auf den ersten Anblick scheinen, als sei dies ein unwesentlicher Gegenstand. Nachdem die Internodialstücke der Weiden- und ganz besonders der Heterocentron-Zweige eine so scharf charakterisirte Basis gezeigt haben, sei ein analoger Nachweis für die Spitze überflüssig; wo eine Basis, da sei auch naturgemäss eine Spitze. — Dieses Raisonnement wäre bis zu einem gewissen Grade unzweifelhaft richtig. Soweit es sich lediglich um den Nachweis eines inneren Unterschiedes zwischen Spitze und Basis auch noch am kleinsten Internodialstück handelt, ist jenes Experiment völlig genügend. Die Wurzeln entstehen an der Basis, nie an der Spitze; damit ist der Gegensatz zwischen beiden völlig erwiesen, mögen nun die Knospen, wenn überhaupt, auftreten, wo sie wollen. — Soweit wäre Alles richtig. Sucht man aber den Gegensatz zwischen Spitze und Basis nach Analogie der früheren Erscheinungen darin, dass an der letzteren Wurzeln, an der ersteren Knospen entstehen, dann ist das fragliche Experiment nicht gleichgültig. Es musste sich

aber um so mehr das Augenmerk auf dasselbe richten, als, wie wir bald sehen werden, das Blatt an der künstlich erzeugten Basis Beides producirt, sowohl Sprosse als Wurzeln, während die Spitze unthätig bleibt.

Diese Erwägungen waren es, welche mich in der bezeichneten Richtung mit verschiedenen Pflanzen zahlreiche Versuche anstellen liessen, allein lange Zeit ohne Erfolg. Endlich gelang es, in einer Reihe von Experimenten mit Begonia discolor positive Resultate zu erhalten; diese bestanden in Folgendem.

Zunächst kamen einige Internodialstücke vor, die meiner ursprünglich gehegten Erwartung entsprachen. Es brachen nämlich dicht unter dem Schnitt, welcher die Spitze definirte, mehrere Adventiv-Knospen aus der Rinde hervor, die alsbald an ihrer eignen Basis kleine Wurzeln erzeugten. (Taf. I, Fig. 5. Ein verkehrt hängendes Internodium. Bei b die Basis, bei s die Spitze; k die Knospen, w deren Wurzeln.) Die Basen der Internodialstücke selbst dagegen blieben wurzellos. Es bildeten die letzteren also das Gegentheil von dem des Heterocentron diversifolium; diese producirten nur Wurzeln an der Basis, jene nur Knospen an der Spitze. Auch in diesem Experiment zeigte sich kein Unterschied, wenn die Stücke aufrecht oder verkehrt hingen.

Von den eben genannten etwas verschieden verhielt sich ein etwa 7 Ctm. langes, schon etwas hart gewordenes Internodialstück. Es erzeugte ebenfalls an der Basis keine Wurzeln, dagegen eine Anzahl von Adventiv-Sprossen und zwar so, dass die meisten derselben an der Spitze, die übrigen aber in allmäliger Abnahme bis zur Mitte des ganzen Stückes entstanden. (Taf. I, Fig. 6. Aufrecht hängendes Zweigstück. Bezeichnungen wie vorhin. Dasselbe erhielt sich sehr lange im Glashafen, ging aber endlich von der Basis aus in Fäulniss über.)

Die dritte Art des Verhaltens der Internodialstücke, und zwar die am häufigsten vorkommende, war endlich folgende. Es ging einige Zeit nach Einleitung des Versuches die Spitze in Fäulniss über, und diese griff, auch wenn der defecte Theil wiederholt bis auf das gesunde Gewebe weggeschnitten wurde, immer weiter um sich. Dann, wenn sie schon der Basis bis auf wenige Centimenter nahe gerückt war, bildeten sich an dieser, meist etwas entfernt von der Schnittfläche, kleine Adventiv-Sprosse, welche alsbald ihre eignen Wurzel producirten, während der

mütterliche Träger keine führte. — Es kam übrigens ausnahmsweise auch vor, dass der Fäulnissprocess an einem Stücke durch Wegschneiden des davon ergriffenen Theiles sistirt wurde, und dass dann der übrig bleibende gesunde Theil an seiner Spitze die Adventiv-Knospen bildete.

Fasst man die genannten Fälle sämmtlich in's Auge, so könnte es scheinen, als herrsche in Bezug auf den morphologischen Ort der Sprossbildung an den Internodialstücken eine vollständige Willkür. Bald entstehen sie an der Spitze, bald weiter davon entfernt, bald an der Basis. — Allein gerade der letztere Fall, der am leichtesten irre führen könnte, lässt eine ganz andere Erklärung zu. Wie erwähnt, geht der Erzeugung der Sprosse an der Basis stets die Fäulniss der Spitze voraus. Niemals habe ich am völlig intakten Stücke an der Basis Knospen sich bilden sehen. Stellen wir uns nun vor, dass das Zweigstück ursprünglich die Fähigkeit besitze, an der Spitze Triebe zu bilden, dass die letztere aber in Folge irgend welcher störenden Momente in Fäulniss übergehe, und dass diese immer weiter um sich greife, so wird die Spitze am gesunden Theile und mit ihr jene Fähigkeit [1]) immer weiter rückwärts verlegt, bis sie sich schliesslich nur an der am längsten widerstehenden Basis äussern kann.

Diese Erwägungen, und die Thatsache, dass ganz normale Fälle vorkommen, führen zu der Ueberzeugung, dass auch am einfachen knospenlosen Internodialstück derselbe Gegensatz zwischen Spitze und Basis besteht, welchen wir an dem mit Knospen besetzten Zweigstücke beobachten; dass jene die Knospen, diese die Wurzeln producirt. An der Richtigkeit dieser Anschauung ist wohl kaum zu zweifeln; ich bin überzeugt, dass die glückliche Wahl geeigneterer Objecte, als der von mir angewendeten, ein stets positiv bestätigendes Resultat ergeben wird. Möglich, dass die hypocotylen Glieder einiger Euphorbien und noch anderer Pflanzen, welche nach *Röper* [2]) normal Adventiv-Knospen erzeugen, sich mit Erfolg dazu verwenden lassen mögen; ich habe bis jetzt damit nicht experimentiren können.

---

[1]) Dass hier unter Fähigkeit nichts Immaterielles, sondern ein rein materieller Vorgang verstanden wird, braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden. Es soll damit nichts Weiteres gesagt werden, als dass der Gesammtaufbau der Sprossstücke die Production der Knospen ermöglicht.

[2]) *Röper*. Enumeratio Euphorbiarum etc. Gottingae 1824, p. 19.

Denjenigen meiner Leser, welche die zuletzt besprochenen Versuche nachmachen wollen, muss ich empfehlen, sich mit Geduld zu rüsten, und einige Vorsicht zu gebrauchen. Nimmt man zum Experiment Pflanzen aus dem Warmhaus, so gehen sie in der gewöhnlich niedrigeren Temperatur des Zimmers fast immer zu Grunde. Man kann daher nur Objecte verwenden, welche im Freien oder in einem Hause gezogen wurden, dessen atmosphärische Verhältnisse von den im Freien herrschenden so gut wie gar nicht abweichen. — Meine Versuche wurden theils bei sehr hoher Temperatur, bei 24—28° C., theils bei niedriger, bei 18—22° C., angestellt. — Trotz aller Vorsicht aber gelang der Versuch nur selten. Ganze Glashäfen mit 20—25 Objecten gaben auch nicht ein Resultat, sondern sämmtliche Internodien gingen zu Grunde. — Das Experiment wurde mit den verschiedensten Arten gemacht, aber fast immer mit gleichem Erfolg. — Rechne ich dazu die zahlreichen Versuche, welche mit den Internodien von Heterocentron angestellt wurden, so kann ich sagen, dass kaum auf einen Gegenstand der ganzen Untersuchung so vielfache Bemühungen gerichtet wurden, als auf diesen; und dass niemals die Bemühungen von einem weniger abschliessenden Erfolge begleitet wurden, als in diesem Falle.

Ausser den Zweigen der im vorstehenden Abschnitt genannten Pflanzen wurden noch die von einer Reihe anderer Arten, sowohl holziger als krautiger, zum Versuche benutzt. Es gehören hierher Populus dilatata, Rubus-Arten, Tilia, Potentilla reptans, Lysimachia nummularia, Glechoma hederaceum, Impatiens parviflora und Andere. Alle diese zeigten den besprochenen fundamentalen Gegensatz zwischen Spitze und Basis, erwiesen sich aber sonst nicht so günstig zum Experiment, als die oben genannten, und wurden daher auch nicht zu weiteren Versuchen angewandt.

Zusammenfassung.

Es dürfte nicht überflüssig sein, wenn wir die hauptsächlichsten der am Zweige gemachten Erfahrungen kurz zusammenfassen.

Jedes isolirte Zweigstück ist der Träger einer Kraft, deren Bestreben dahin gerichtet ist, an der Spitze desselben Triebe, an der Basis Wurzeln zu bilden. Die Grösse und die Art der Wirkung dieser Kraft ist jedoch verschieden nach dem Alter und dem Bau der Zweige.

Am einfachsten äussert sich die Wirkung an solchen Objecten, die von allen Anlagen frei sind, wie die besprochenen Internodialstücke. Wenn anders die Versuche ungestört verlaufen, so entstehen an diesen die fraglichen Neubildungen an den bezeichneten Orten. — Ebenso einfach gestaltet sich die Sache, wenn der Zweig nur mit Anlagen der einen Art, z. B. Knospen, versehen ist, hinsichtlich der fehlenden Bildungen, der Wurzeln. Am jungen Zweige, der noch keine Anlagen von Wurzeln führt, entstehen die letzteren lediglich an der Basis.

Etwas verwickelter wird das Verhältniss, wenn die Anlagen der beiden morphologischen Bildungen vorhanden sind. Sind jedesmal die gleichnamigen von ihnen möglichst gleichstark entwickelt, so erfolgt das Auswachsen derselben in der Art, dass die Länge und Stärke der Triebe von der Spitze nach der Basis, die Länge und Stärke der Wurzeln von der Basis nach der Spitze hin allmälig abnehmen. Die Weite, bis zu welcher sich das Auswachsen der beiderlei Bildungen am Zweige erstreckt, ist verschieden je nach den Arten; und hängt innerhalb derselben von dem Alter der Zweige und der Stärke der vorhandenen Anlagen ab.

Am jungen Zweige ist der Gegensatz zwischen Spitze und Basis bezüglich der physiologischen Aeusserung am schärfsten ausgesprochen Mit zunehmendem Alter der Zweige erfährt die innere Kraft im Allgemeinen eine Abnahme; zugleich treten die stärker entwickelten Anlagen zu derselben in einen gewissen Gegensatz. Man kann das Verhältniss zwischen beiden in folgender Art auffassen. Jede Anlage zeigt das Bestreben, auszuwachsen. Die sämmtlichen Bedingungen, welche dieses Bestreben herbeiführen, wollen wir auf eine Resultirende beziehen und als eine Kraft bezeichnen. Der Versuch lehrt nun, dass diese Kraft allein zum Auswachsen nicht genügt, sondern dass dazu noch eine weitere gleichsinnige Mitwirkung nothwendig ist. Diese wird nun von der inneren Kraft geboten, die dem ganzen Zweige angehört, und an den beiden Polen das Maximum ihrer Wirkung erreicht. Die Grösse des aus einer Anlage hervorgehenden Gebildes stellt daher die Function von einer Constanten, der der Anlage eignen Kraft, und einer von den Enden des Zweiges aus verschieden rasch abnehmenden Variablen dar. Sind alle gleichnamigen Anlagen gleich, so ist es sonach der morphologische Ort, d. h. die

Entfernung von dem entsprechenden Ende der Lebenseinheit, welcher die Energie des Auswachsens einer Anlage bestimmt.

Nun steht aber, wie wir gesehen, die Bestimmung des Ortes eines Gebildes ganz in unserer Gewalt. Wir können denselben Ort zur Spitze oder Basis einer Lebenseinheit machen. Es hängt also ganz von uns ab, die Bedingungen herbeizuführen, welche eine Anlage ruhen oder auswachsen, welche sie sich zu einem kürzeren oder schwächeren Gebilde entwickeln lassen.

Haben dagegen die an einem Zweigstück vorhandenen Anlagen eine verschiedene Dignität, dann verwandelt sich die vorhin constante Grösse ebenfalls in eine Veränderliche, und das jeweilig erzeugte Gebilde ist nun eine Function von dieser und der allgemeinen Variablen.

B. Spitze und Basis an der Wurzel.

Nachdem die physiologischen Eigenthümlichkeiten der beiden entgegengesetzten Enden am Pflanzenspross erörtert worden sind, wenden wir uns nunmehr rücksichtlich desselben Gegenstandes zu der Wurzel.

Dass die Wurzeln einer grossen Anzahl von Pflanzen im Stande sind, Sprosse zu erzeugen, war schon im Alterthum bekannt, und ebenso die Thatsache, dass man manche dieser Pflanzen durch blosse Wurzelstücke vermehren kann.

Wenn eine Ulmen-Wurzel von der mütterlichen Pflanze getrennt, mit dem abgeschnittenen Theile aus der Erde gezogen und der Luft und dem Licht ausgesetzt wird, während der untere Theil im Boden verbleibt, so erscheint es selbstverständlich, dass an dem freien, über der Erde befindlichen Ende die Knospen entstehen. Allein damit ist noch nichts über die Kräfte gesagt, welche jener Erscheinung zu Grunde liegen. — Ebensowenig sind dieselben dem Gärtner bekannt, welcher räth, den Wurzelsteckling stets so zu setzen, dass das dicke Ende nach oben ragt. Es schwebt ihm nur die überlieferte Erfahrung vor, dass im umgekehrten Fall kein ordentliches Gedeihen des Stecklings erfolgt. —

Ueber diese Kenntniss reicht im Grunde genommen auch die *Knight*'sche [1]) noch nicht hinaus, der einzige, welcher, soviel ich

[1]) „When alburnum is formed in the root, that organ possesses in common with the stem and branches, the power of producing buds and

weiss, unter den älteren Autoren das sachliche Verhältniss gesehen und richtig beschrieben hat. Auf den Grund der Sache war *Knight* damit nicht gekommen; ja wir werden später sehen, dass, wenn dies hätte der Fall sein sollen, ein gutes Theil seiner bekannten allgemeinen Anschauungen hätte definitiv beseitigt werden müssen.

Wir wollen nun, um das Verhalten der Wurzel gegenüber der hier gestellten Frage kennen zu lernen, unser altes Verfahren anwenden, und Wurzelstücke unter gleichförmigen äusseren Lebensbedingungen wachsen lassen.

a. Versuche mit Wurzeln von Populus dilatata.

Die Wurzeln dieser Pappelart erwiesen sich als besonders günstig, und wurden daher vorwiegend zum Experimentiren benutzt.

Zunächst wurden Stücke von einer Dicke von $7^1/_2$—16 Mm. und einer Länge von 11—$17^1/_2$ Ctm. in nach gewohnter Art hergerichteten Glashäfen verkehrt, d. h. so aufgehängt, dass die morphologische Spitze nach unten sah, und dann die ganze Vorrichtung allem Lichteinfluss entzogen. Die Stücke waren so gewählt, dass sie entweder ursprünglich — abgesehen von ganz kleinen Faserwurzeln, welche weggeschnitten wurden, — gar keine stärkeren Seitenwurzeln führten, oder dass sie sich an der Spitze verzweigten, und so in eine Gabel endigten. Bei genügend hoher Temperatur zeigte sich schon nach kurzer Zeit in der Cambialregion der Querschnittflächen die Bildung von Callus, welche zumal an dem basalen Ende mit besonderer Kräftigkeit vor sich ging. — Nach kurzer Zeit sprossten aus diesem basalen Callus zahlreiche kleine Adventiv-Knospen hervor, die dicht neben einander standen, und alsbald zu langen vergeilenden Trieben emporwuchsen. Die stärksten dieser Wurzeln erzeugten wohl über 100 solcher Triebe auf dem einen Querschnitt. — Während sie im einen Falle nur auf diesem entstanden, brachen sie im andern ausserdem auch aus der Rinde in der Nähe der Spitze hervor. Es machte dann manchmal den Eindruck, als genügte der enge Raum des Callus dem Druck der inneren Productionskraft nicht,

---

of emitting fibrous roots; and when it is detached from the tree, the buds always spring near its upper end, and the roots near the opposite extremity, as in the cuttings above mentioned." — On the Origin and Formation of Roots. Philosophical Transactions, 1809. I, p. 173.

und als suchte sich diese noch einen weiteren Ausweg. — Unterdessen bildete sich an der apicalen Querschnittsfläche gewöhnlich nichts als Callus; meist liess das Hervorbrechen von Wurzeln vergeblich auf sich warten. In einzelnen Fällen dagegen wurden sie erzeugt und zwar dann vorwiegend aus dem Callus der Schnittfläche, seltener aus der Rinde in der Nähe der Spitze. (Vergl. Fig. 8.)

Fig. 8.

Ein Wurzelstück der letztgenannten Art, welches an seiner Basis Sprosse, an seiner Spitze Wurzeln gebildet hat, stellt eine vollständige Lebenseinheit dar. Der Unterschied zwischen dieser und der aus dem Sprossstück hergestellten besteht darin, dass hier die Wurzeln an der Spitze, dort an der Basis, dass hier die Knospen an der Basis, dort aber an der Spitze gebildet werden; dass hier der mütterliche Grundstock eine Wurzel, dort dagegen einen Stamm vorstellt.

Stengel und Wurzel erzeugen demnach an ihren Spitzen das ihnen morphologisch Gleiche, an ihren Basen das morphologisch Entgegengesetzte. Bringt man die Verhältnisse in Beziehung zum Erdradius, so zeigt sich, dass im Allgemeinen der knospenbildende Theil dem Erdmittelpunkte ab-, der wurzelbildende demselben dagegen zugewandt ist. —

Sämmtliche Sprosse aber, welche erzeugt werden, sowie alle Wurzeln, die aus dem Callus hervorgehen, sind echte Neubildungen; und aller Wahrscheinlichkeit nach gilt dies auch für die Wurzeln, welche aus der Rinde entspringen.

Kehren wir nunmehr wieder zu unsern Experimenten zurück. Es lässt sich kaum anders erwarten, als dass auch an der Wurzel das Verhältniss von Spitze und Basis im Wesentlichen dasselbe bleibt, gleichviel, ob man die Stücke aufrecht oder verkehrt hängt. Bringt man sie in die aufrechte Lage, so, dass die Spitze nach oben gerichtet ist, so entstehen die Knospen an dem nach unten gerichteten basalen Ende. Wurzeln habe ich in diesen Versuchen an dem apicalen Theile nicht entstehen sehen; es ist aber nicht zu bezweifeln, dass bei häufiger Wiederholung des Experiments sich auch darin ein bejahendes Ergebniss herausstellen wird.

Um die Analogieen zwischen Stamm und Wurzel noch weiter zu verfolgen, wurden an den Wurzelstücken Ringelschnitte angebracht, welche auch hier die ganze äussere Partie der Rinde nebst dem Cambium bis auf das Holz abhoben. Es ergab sich das Resultat, dass auch jetzt an dem basalen Ende unter jedem Ringelschnitt (das Stück verkehrt hängend gedacht) zunächst ein Callus und darauf Adventiv-Knospen erzeugt wurden. (Fig. 9.) Auch in diesen Fällen bildeten sich an den apicalen Theilen keine Wurzeln; sie entstanden hier jedoch reichlich, wenn, wie später ausführlicher berichtet werden wird, die Ringelung im Freien an der Baumwurzel vorgenommen wurde.

Fig. 9.

Noch ein weiterer Parallel-Versuch zu den an Zweigen angestellten wurde gemacht. Auf halber Länge wurde ein Wurzelstück durch einen Längsschnitt auf kurze Strecke in zwei Hälften gespalten; dann die eine der letzteren durch einen Querschnitt in zwei Stücke zerlegt, und die letzteren durch kleine Holzkeile von der intakten Hälfte abgehoben. (Wie in den Fig. 1 u. 3 auf Taf. I.) Auch hier ergab sich das erwartete Resultat. Es entstand zunächst in der Cambialregion aller Wundflächen reichlich Callus, jedoch nur an der allgemeinen Basis des ganzen Stückes und an der besonderen, welche durch den in der Mitte angebrachten, die eine Hälfte desselben treffenden Querschnitt gebildet war, wurden auf dem Callus Knospen erzeugt.

Nunmehr wurden von den Wurzelstücken kleine viereckige Rindenfenster abgehoben. Wieder entstand an allen Schnittflächen Callus, aber nur an der allgemeinen und der besonderen Basis, die durch das Herausnehmen des Stückes erzeugt war, bildeten sich Knospen. Die Entwickelung des Callus in der viereckigen Vertiefung ging so vor sich, dass derselbe erst an der basalen Seite, dann an den beiden longitudinalen und endlich an der apicalen auftrat.

Bei allen bisher genannten Versuchen, in welchen die Wurzelstücke frei in der Wasserdampf-haltigen Atmosphäre hingen, kamen keinerlei Ausnahmen von der allgemeinen Regel vor. Dagegen wurden dieselben, und dies sei gleich vorweg bemerkt, einige

wenige Male beobachtet, wenn die Stücke horizontal in Erde gelegt waren.[1])

Eine geringe Modification des letztgenannten Versuches führte zur Beobachtung einer merkwürdigen Ausnahme. Es wurde nämlich nicht ein viereckiges, sondern ein rundes Rindenstück bis auf den Holzkörper abgehoben. Nun ergab sich folgendes Resultat. Es entstand zunächst ein Callus auf der apicalen Seite des Ausschnittes; von da aus griff die Bildung desselben nach beiden Seiten weiter um sich, bis sie schliesslich auf der basalen schloss, und damit ein völliger Callusring hergestellt war. Nach Verlauf von einiger Zeit gingen wider Erwarten auf der Apicalseite aus dem Callus einige Knospen hervor. (Taf. II, Fig. 1. Im verkleinerten Maassstabe dargestellt. s die Spitze, b die Basis. In der Mitte die Schnittwunde; w der Wulst, k die Knospen.) Mit einiger Spannung dem Fortgang der Sache entgegen sehend, beobachtete ich das Object weiter. Das Ergebniss war, dass sich die Knospenbildung von dem Anfangsorte aus nach beiden Seiten allmälig weiter fortsetzte, und, wie früher der Callus, endlich auf der Basalseite schloss. — Die Thatsache wurde bis jetzt nur einmal beobachtet. Doch lässt sich daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, dass unter Umständen auch am viereckig geformten Rindenfenster an dem apicalen Ende Knospen entstehen können, was bis jetzt nicht beobachtet wurde.

Hebt man aus der Rinde eines Stückes schmale Längspartieen weg, oder macht man bloss tiefe bis auf das Holz gehende Längsschnitte, so bilden sich in der Regel auf dem durch die Verwundung hervorgerufenen Callus zahlreiche Adventiv-Knospen.[2])

Was das Interesse an diesen Thatsachen, zumal der letztgenannten, besonders in Anspruch nimmt, ist der Umstand, dass es eine locale Verwundung ist, deren Vernarbung hier zur Grundlage einer Sprossbildung wird, welche sonst nur an der Basis stattfindet. — Nachdem die Verwundung angebracht worden ist, beginnt in Folge der veränderten physikalischen Bedingungen an der Schnittstelle der Process der Vernarbung, den zu erhalten die Zufuhr plastischer

[1]) Vergl. das Capitel über den Einfluss der Schwerkraft.

[2]) Bei diesen Erscheinungen sei an die Bedeutung der Verwundungen am Zweige erinnert. Man wird es jetzt begreiflich finden, warum wir dieselben mit so vieler Vorsicht betrachteten.

Stoffe nothwendig ist. Nun bleibt aber der Wachsthumsvorgang an der Wunde bei deren blosser Vernarbung nicht stehen, sondern er erzeugt Gebilde, die mit der letzteren nichts zu thun haben, die Sprosse. Diese stellen hier gewissermassen eine Ueberproduction dar, deren Grund in der Vernarbung zu suchen wäre.

Es ist offenbar, dass der Vernarbungsprocess die nächste Ursache für die fragliche Sprossbildung darstellt. An der Verwundungsstelle ist die Sauerstoffzufuhr zu den Geweben reicher, und es wird vor Allem der Rindendruck auf die Cambiumzellen local verringert oder aufgehoben; in Folge dessen entsteht eine Neubildung, der Callus [1]), und in diesem werden weiterhin die Knospen angelegt. Soweit ist Alles klar. Allein es liegt auf der Hand, dass die gegebene Erklärung den uns hier beschäftigenden Umstand an der Sache, die Bestimmung des Ortes der morphologisch verschiedenen Bildungen, nicht trifft. Denn es ist offenbar, dass, wenn dieselbe ausreichen sollte, sie auch für die beiden Callus an den Endwundflächen des Stückes gelten müsste, deren verschiedene Bildungen ebenfalls nichts als Ueberproductionen (in dem angedeuteten Sinne) darstellen. Allein soweit dürfte ihre Geltung schwerlich reichen, denn es ist aus ihr nicht verständlich, warum Spitze und Basis normal verschiedene Ueberproductionen, die eine Knospen, die andere Wurzeln, hervorbringen. Für diese Thatsache haben wir nach einer anderen Erklärung zu suchen, und dasselbe gilt für die Beantwortung der Frage, warum auf dem Callus der einfachen Wunden, von denen wir ausgingen, Knospen entstehen.

Die eben angestellte Erwägung führt uns zu den Verhältnissen zurück, welche wir früher an Zweigstücken beobachtet haben. Soweit an diesen die neuen Organe aus einem Callus an der Schnittfläche hervorgehen, — wie wir es rücksichtlich der Wurzeln einiger Pflanzen gesehen haben [2]) — gilt Alles, was vorhin gesagt

[1]) *Hugo de Vries.* Ueber Wundholz. In Flora. Regensburg, 1876. S. 130.

[2]) Hierzu lässt sich noch folgender Umstand anführen. Macht man den die Basis an einem Zweigstück definirenden Schnitt so dicht unter einer Knospe, dass die Ansatzstelle derselben eben noch mit vom Schnitt getroffen wird, so beobachtet man nicht selten, dass unter dieser Knospe ein kräftiger Callus entsteht, während sie sich selbst zu einem kurzen Triebe entwickelt. Die Ursache dieser Erscheinung beruht offenbar in der erhöhten Thätigkeit, welche in der Nähe der Knospen bei der Vernarbung stattfindet; die Nahrungszufuhr zu der letzteren kommt auch der ersteren

wurde; die Sache ändert sich jedoch, wenn man diejenigen Objecte in's Auge fasst, an denen lediglich vorhandene Anlagen auswachsen. Freilich könnte man auch hier den folgenden Gedankengang anstellen. Durch die beiden Schnitte, welche die Spitze und die Basis an dem Stücke definiren, werden zwei Vernarbungsprocesse eingeleitet. Um diese zu unterhalten, muss dahin je ein Strom plastischer Substanz stattfinden. In der Nähe der Vernarbungen ist die Bewegung der letzteren am lebhaftesten; sie setzt sich auch auf die dort vorhandenen Anlagen fort, und so kommt es, dass diese sich entwickeln, und wahrscheinlich aus ähnlichen Gründen fortan das stärkste Wachsthum erfahren. Die Vernarbung ist sonach als Ursache der an den beiden Enden sich abspielenden Vorgänge aufzufassen.

Allein abgesehen davon, dass auch hier wieder die Verschiedenheit der Bildungen an den beiden Enden besondere, weiter rückwärts liegende Ursachen erfordert, würde diese Erklärung sehr künstlicher und weither geholter Zusätze bedürfen, um das Auswachsen und die Art der Entwickelung weiter von den Enden entfernter Anlagen auf sich zurückführen zu lassen. Völlig im Stich lassen würde dieselbe endlich, wie es scheint, gegenüber dem Verhalten von Knospen verschiedener Dignität an demselben Zweigstück. Wie es kommt, dass ein in beträchtlicher Entfernung von der Spitze stehendes Primär-Auge ebenso rasch oder rascher auswächst, als die an der Spitze befindlichen Secundär-Knospen, kann durch den vorhin entwickelten Gedankengang nicht erklärt werden; hier kommen offenbar ganz andere Ursachen in's Spiel. — Dasselbe gilt, und zwar in noch höherem Maasse, von einem durch zwei Schnitte isolirten Blattstück. Ein solches erzeugt nur an seiner Basis Sprosse und Wurzeln, während die Spitze frei davon bleibt, trotzdem auch an ihr ein Vernarbungsprocess eingeleitet werden kann.

Wir dürfen sonach sagen: durch einen oder (beim Theilstück) zwei Schnitte wird eine Lebenseinheit gebildet, d. h. durch

---

zu Gute. Allein gerade diese Thatsache beweist bei genauerer Betrachtung am besten, dass wir den oben angegebenen Schluss nicht verallgemeinern dürfen Sie zeigt, dass die Wirkung der Vernarbungen nur eine ganz locale ist, denn die folgenden Knospen wachsen unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht aus. Sodann erklärt sich aus ihr der Gegensatz zwischen Spitze und Basis nicht, da hier ja eine Knospe an der Basis auswächst.

die Schnitte wird in dem Stücke ein Kräftespiel ausgelöst, dem zu Folge dasselbe sich zur Lebenseinheit ergänzt. Gleichzeitig wird an den Verwundungsstellen der Vernarbungsprocess eingeleitet. Beide Vorgänge können zusammenfallen, der erstere durch den letzteren gehen, allein ihrem innersten Grunde nach sind sie verschiedene Processe, die, allgemein betrachtet, von einander unabhängig sind.

Noch eines Umstandes ist hier zu gedenken. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Wurzelstücke der Pappel, — und es sei gleich hinzugefügt, dass dasselbe für alle zum Versuch benutzten Wurzelarten gilt, — mit grosser Leichtigkeit Sprosse, dagegen verhältnissmässig schwer Wurzeln produciren. Auf der andern Seite wird man sich erinnern, dass Internodialstücke der Stengel und Zweige von Salix-Arten, Heterocentron diversifolium, gewisser Begonien und Peperomien umgekehrt leicht Wurzeln, aber nur schwer Knospen hervorbringen. Weidenzweige, denen die Normalknospen genommen waren, bilden leicht Wurzeln, aber nur schwer Knospen. — Wie wir bald sehen werden, erzeugen die Blätter mancher Pflanzen ebenfalls sehr leicht Wurzeln, aber keine Knospen; andere bringen zuerst Wurzeln, und dann Knospen hervor.

Dem steht allerdings der vereinzelte Fall gegenüber, dass die Internodien von Begonia discolor, wenn in feuchte Luft gehängt, keine Wurzeln, dagegen wohl Knospen produciren. Doch ist zu bedenken, dass die Bildung derselben, wie es scheint, sehr schwer vor sich geht.

Es liesse sich vielleicht ferner noch als Abweichung von dem Obigen hinstellen, dass die Zweige mancher Pflanzen, z. B. die gewisser Coniferen u. s. w., zu keiner Wurzelbildung zu veranlassen sind; und dass dasselbe von vielen Wurzeln hinsichtlich der Knospenbildung gilt. Allein hierbei hat man zu erwägen, dass solche Stücke überhaupt nichts, auch keine Knospen, hervorbringen, und gewöhnlich bald zu Grunde gehen.

Sieht man von diesen scheinbaren und wirklichen Ausnahmen ab, so stellt sich für die grosse Mehrzahl der Fälle heraus, dass die verschiedenen morphologischen Gebilde mit grösserer Leichtigkeit das Ungleichartige, als das Gleichartige erzeugen. Ein Internodium bringt leichter Wurzeln, als Knospen hervor; ein Wurzelstück leichter Knospen, als Wurzeln. Der grösste Gegensatz besteht zwischen Wurzel und Blatt; daher erzeugt das letztere

häufig nur Wurzeln, in andern Fällen erst Wurzeln und dann Knospen.

Es war meine Absicht, hier nur auf diese eigenthümlichen Verhältnisse hinzuweisen. Weitere Beobachtungen müssen lehren, ob dieselben den Charakter der Allgemeinheit tragen, welchen ich ihnen nach meinen Versuchen zuschreiben möchte. — In Bezug auf eine etwa mögliche Erklärung der fraglichen Erscheinungen sei auf den zweiten Theil unserer Arbeit verwiesen.

b. Versuche mit Wurzeln von Paulownia imperialis.

Die Experimente mit Wurzelstücken dieser Pflanze liefern im Allgemeinen dasselbe Ergebniss, welches Pappelwurzeln darbieten. Es herrscht hierbei nur der Unterschied, dass die Knospen leichter aus der Rinde in der Nähe der Basis, als aus dem basalen Callus entspringen.[1]) Auch war in meinen Versuchen die Zahl der auftretenden Knospen stets beträchtlich geringer, als in den vorhin besprochenen Fällen. Wurzeln entstehen auch hier schwieriger, als Knospen; doch habe ich sie in einzelnen Fällen in geringer Zahl aus dem apicalen Callus hervorgehen sehen.

c. Versuche mit Wurzeln von Ulmus campestris.

Wurden in beträchtlicher Zahl angestellt. Die Resultate stimmen in allen wesentlichen Zügen mit den an den Pappelwurzeln erhaltenen überein, und bedürfen desshalb keiner specielleren Besprechung.

C. Spitze und Basis am Blatt.

Die Fähigkeit der Blätter mancher Pflanzen, Wurzeln und Sprosse erzeugen zu können, ist eine seit lange bekannte Erfahrung.

Die erste darauf bezügliche Angabe rührt her von *Mandirola.*[2]) Es war demselben gelungen, aus Blättern von Citronen und Limonen, die in eine mit Erde gefüllte Schale gesteckt waren, junge Pflanzen dieser Arten zu erziehen.

---

[1]) Dieselbe Beobachtung machte schon *Trécul.*

[2]) *Mandirola.* Manuale de giardineri. Vicenza, 1652. In's Deutsche übersetzt unter dem Titel: Italiänischer Baum-, Blumen- und Pomerantzen-Garten. Norimbergae 1679. — Ich habe keine der beiden Schriften gesehen, und mache die fraglichen Angaben nach *Thümmig.*

An diese erste Mittheilung knüpft sich die Darstellung eines Versuches, den der Baron *von Münchhausen* in Schwöbber, eine in gärtnerischen Dingen damals vielgenannte Autorität, gemacht haben will. Neben Zweigstecklingen war ein Blatt der „Limon à Rivo" in Erde gesteckt. Als sich im Herbst fand, dass dasselbe Wurzeln gebildet hatte, wurde es sorgfältig von Neuem eingesetzt und aufbewahrt. Auffallender Weise producirte es im nächsten Sommer eine Blüthenknospe, und aus dieser ging sogar eine Frucht hervor. — Die Angabe *Münchhausen's* findet sich bei *Agricola* [1]); zur Illustration ist derselben eine Abbildung des besprochenen Objectes beigefügt. Nach dieser Figur hat das Blatt an seiner Basis einen Callus gebildet, aus dem Wurzeln und ein Spross hervorgewachsen sind, der nicht ganz die Länge des Mutterblattes erreicht hat. An der Spitze des Triebes steht die Frucht, und unter derselben mehrere Laubblätter. — Schon nach der Annahme aller älteren Autoren ist dieser merkwürdige Fall nur so zu erklären, dass das Blatt in seiner Achsel schon beim Stecken desselben eine Knospe besass, welche die Anlage einer Blüthe führte. Auffallender Weise ist diese Knospe dann nicht zu Grunde gegangen, sondern hat, nachdem ihr Stiel sich im nächsten Frühjahr über die Erde erhoben, sich geöffnet, die Blüthe entfaltet und die Frucht erzeugt. — Inwieweit die ganze Darstellung, wie die Erklärung der Erscheinung, auf Richtigkeit beruht, lassen wir dahingestellt. Es würde sich verlohnen, das fragliche Experiment zu wiederholen.

Um auf die Vermehrbarkeit der Pflanzen durch Blätter zurückzukommen, so hat zunächst *Agricola* die Versuche *Mandirola's* weiter verfolgt und ausgedehnt. Nach ihm [2]) ist es möglich, nicht nur aus Citronen- und Limonen-, sondern auch aus Lorbeer-, Oliven-, ja selbst Apfel-, Birn-, Nuss- und Kastanienblättern ganze Pflanzen zu erziehen. Knospenlose Blätter dieser Pflanzen wurden, nachdem die Schnittwunden mit einer Art Wachs verschlossen

---

[1]) *G. A. Agricola.* Versuch einer allgemeinen Vermehrung aller Bäume, Stauden- und Blumengewächse. 2. Aufl. Regensburg, 1772. S. 97. Die erste Ausgabe dieses Buches erschien zu Regensburg 1716 unter dem Titel: Neu und nie erhörter, doch in der Natur und Vernunft wohlgegründeter Versuch einer Universalvermehrung aller Bäume, Stauden- und Blumengewächse. — Meine Citate beziehen sich auf die 2. Auflage.

[2]) l. c. S. 139.

waren, mit ihrer Basis bis zu einem Drittel ihrer Länge in Erde gesteckt, welche gehörig feucht gehalten wurde. „Wann solches verrichtet, so wird man nach und nach wahrnehmen, dass die Substanz des Blates ganz hinweg gehet, und nichts als der mittlere Stengel bleibet, welcher entweder untenher einen Knorren, oder auf der Seiten Wurzeln schläget, und über das Jahr erlanget er neue Aestlein."

Die neue Vermehrungsart, welche in den betreffenden Kreisen damals offenbar grosses Aufsehen erregte, wurde einer specielleren Untersuchung unterworfen von *Thümmig.*[1]) Derselbe unterscheidet drei Fälle.[2]) Im ersten geht die neue Pflanze aus der Knospe hervor, welche an der Basis des Blattes gelassen ist. Im zweiten verwandelt sich das ganze Blatt in die neue Pflanze. Im dritten endlich[3]), der dem Verfasser von einem Freunde mitgetheilt ist, erzeugt das Blatt an seiner Basis einen Callus, aus welchem Wurzeln hervorbrechen. Nun geht das Blatt zu Grunde, aber aus dem oberen Theile des Callus wachsen Triebe hervor.

Des ersten Falles wurde schon erwähnt; der zweite bezieht sich auf die Stengelglieder der Opuntia, die für Blätter gehalten wurden; der dritte, uns hier am meisten interessirende, ist der normale, welcher in den citirten Worten seine erste der Hauptsache nach richtige Beschreibung erfahren hat.

Ohne Kenntniss der eben genannten Arbeit hat *Bonnet*[4]) den von Agricola aufgezählten Fällen einige weitere zugefügt; besonders sind es krautige Pflanzen, auf welche er die Untersuchung ausdehnte. Er stellte die Blätter der Bohne, des Kohls, der Mirabilis (la belle de nuit) und der Melisse mit der Basis in Wasser, und fand, dass dieselben dann nach längerer oder kürzerer Zeit Wurzeln producirten. In einigen Fällen entstand an der Basis eine knoten-

---

[1]) *L. P. Thümmigius.* Experimentum singulare de arboribus ex folio educatis ad rationes physicas revocatum. Halae Magdeburgicae 1721.

[2]) l. c. p. 7.

[3]) „In eo scilicet folium infima sui parte callum producit, ex quo radices propullulant. Integrum deinde folium exarescit et absumitur, ex superiori autem calli parte surculus progerminat."

[4]) *Bonnet.* Recherches sur l'usage des feuilles. IV. Mem. pag. 356 ff. Planche XXVII stellt das Blatt einer Bohne dar, das an der Basis reichlich Wurzeln erzeugt hat. Ich citire nach der grossen Ausgabe der Oeuvres de Bonnet, Neuchatel, 1779. Tome II.

artige Anschwellung. Ueber die Bildung von Knospen werden keine näheren Angaben gemacht.

Duhamel[1]) bemerkt unter Bezugnahme auf die Angaben *Bonnet's*, dass er aus den Blättern von Fettpflanzen nicht nur Wurzeln, sondern auch ganze Pflanzen der eignen Art habe hervorgehen sehen.

Guettard[2]) sah Knospen aus den Zwiebelschuppen von Scilla maritima entspringen.

Mustel[3]) bestätigt die Richtigkeit der Angaben über die Fähigkeit der Blätter zur Wurzelproduction. Besonders leicht gelingt das Experiment beim wilden Lorbeer, (Laurier-Thym).

Hedwig[4]) sah Knospen aus den Blättern einer vor längerer Zeit in's Herbar gelegten Eucomis regia hervorgehen.

Interessante Fälle finden sich bei *Knight*[5]). Blätter der Kartoffel, in Töpfe und unter Glasglocken gesetzt, bildeten an ihrer Basis knollige Anschwellungen, die den Winter überdauerten, aber nicht weiter verfolgt wurden. — Blätter der Minze (mint), mit der Basis in Töpfe gesetzt, producirten reichlich Wurzeln, welche die Erde des Topfes völlig durchzogen. Sie blieben den Winter über lebendig, und nahmen den Charakter immergrüner, harter Blätter an. Sie standen gesund bis in den Monat Mai. Bis dahin wurden keine Knospen an ihnen bemerkt. Weitere Angaben fehlen.

Cassini[6]) beobachtete das normale Auftreten von Adventiv-Knospen auf den Blättern von Cardamine pratensis L. Es stehen die Sprosse hier vorwiegend auf den Blättern in der Nähe des Wurzelhalses, und zwar an der Basis der foliola. Unter den Fiederblättchen ist im Allgemeinen das Endblättchen das bevor-

---

[1]) *Duhamel du Monceau.* La Physique des Arbres. II. Partie. Paris, 1758. p. 136.

[2]) Nach *Treviranus.* Physiologie der Gewächse. Bonn, 1838. II. S. 625. — Daselbst eine Bemerkung von *Henslow* über die Entstehung von Knospen an der vorderen Extremität der Blätter von Malaxis paludosa.

[3]) *Mustel.* Traité théorique et pratique de la Végétation. Paris et Rouen, 1781. Tome I. S. 92.

[4]) *Hedwig.* Abhandlungen II. 128. Taf. I., Fig. 1. (Nach *Treviranus*).

[5]) *Knight.* On the action of detached leaves of plants. Philosophical Transactions 1816. p. 289 ff.

[6]) *Cassini.* Journal de physique de Mai 1816. T. 82, p. 408. Ferner in: Opuscules phytologiques. T. II. Paris, 1826. p. 340. (Nach *Münter.*)

zugte. Auch das Vorkommen von Knospen auf der Mitte eines Blättchens ist von *Cassini* gesehen worden.

Münter [1]) bestätigt die Angaben *Cassini's*, und ergänzt sie insoweit, als er hinzufügt, dass die Knospen stets da auf den Blättchen entstehen, wo die drei Hauptnerven zusammentreten. Auf der Blattoberfläche finden sie sich stets an einem Ort, wo sich zwei Seitennerven vom mittleren Nerven abzweigen.

de Candolle [2]) beschreibt und bildet die Knospen in den Kerben der Blätter von Bryophyllum calycinum ab.

Einen interessanten Fall beschreibt *Turpin*. [3]) *Poiteau* hatte Blätter von Ornithogalum thyrsoides, nachdem sie einige Zeit unter der Presse gelegen waren, der Luft ausgesetzt. Nach kurzer Zeit entstanden an ihnen sehr zahlreiche Adventiv-Knospen, welche besonders die Oberfläche und die Ränder der Blätter bedeckten. An dem abgebildeten Blatte zählte *Turpin* 133 solcher Knospen. Die grösste Zahl derselben findet sich an der Basis; auf der Mitte stehen sie minder dicht, und an der Spitze sind keine mehr vorhanden.

Meyen [4]) beobachtete das Vorkommen von Adventiv-Knospen auf den Blättern der Hyacinthe.

Dutrochet [5]) erwähnt eines Falles, in welchem Adventiv-Knospen auf der Oberfläche eines verwesenden Blattes gesehen wurden. Wie sich später herausstellte, gehörte dasselbe einer Pflanze von Ranunculus bulbosus an.

Einen merkwürdigen Fall hat *Duchartre* [6]) studirt. Auf den Blättern von Lycopersicon cerasiforme und pyriforme entwickeln sich Knospen, welche sofort auswachsen und zu Trieben werden. Sie stehen genau in den Achseln der Fiedern der tiefgetheilten

---

[1]) *J. Münter.* Ueber die Vermehrung der Cardamine pratensis vermittelst der Blätter. Botan. Zeitung 1843. S. 537.

[2]) *A. P. de Candolle.* Organographie végétale. Paris, 1827. I, p. 277; und Pl. 22.

[3]) *Turpin.* Organographie végétale. In Mémoires du Muséum d'hist. nat. T. XVI. Paris, 1828, p. 170. Dazu Taf. 10.

[4]) *Meyen.* Neues System der Pflanzen-Physiologie. III. Bd. Berlin, 1839. S. 48.

[5]) *Dutrochet.* Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux etc. Paris, 1837, T. I., p. 278.

[6]) *Duchartre.* Note sur des feuilles ramifères de Tomates. — Annales des sciences naturelles. III. Série. Botanique, 1853, p. 241—251. Pl. 14.

Blätter, und zwar in einer Zahl von 1 oder 2. Sie finden sich vorwiegend in der Mitte des Gesammtblattes, selten vorn an der Basis, nie nach der Spitze hin.

Das Vorkommen von Adventiv-Sprossen auf den Blättern vieler Farne ist seit lange bekannt.[1]) — An den Basen der Blätter mancher Farnstämme entspringen regelmässig Wurzeln; ja dies ist nach *Hofmeister*[2]) die ausschliessliche Wurzelbildung alter Stämme von Aspidium filix mas, A. filix femina u. A.

Bedeutend vergrössert hat sich die Zahl der Pflanzen, deren Blätter der Erzeugung von Knospen und Wurzeln fähig sind, seitdem die Gärtner sich aus rein praktischen Rücksichten der Sache bemächtigt haben. Man vermehrt jetzt Pflanzen aus den verschiedensten Familien durch Blätter. Nur wenige Beispiele seien hier genannt: Hemionitis, Aloë, Echeveria, Gloxinia, Peperomia, Begonia, Theophrasta u. s. w.; selbst mit Pelargonien, Camellien und Rosen sind die Versuche gelungen.[3])

Die Zahl der wurzel- und sprossbildenden Blätter dürfte sich durch eine darauf gerichtete Untersuchung noch bedeutend vermehren lassen. Ja es ist sogar wahrscheinlich, dass nicht diejenigen Blätter, welche Wurzeln und Sprosse erzeugen können, Ausnahmen bilden, sondern umgekehrt diejenigen, welche es nicht thun.

Die Frage, welche uns beschäftigt, geht nun dahin: wie verhalten sich die Blätter hinsichtlich ihrer Wurzel- und Sprossbildung im Vergleich zu den Zweigen und Wurzeln? In welcher Beziehung stehen am Blatt Spitze und Basis zu jenen Neubildungen?

Für die experimentelle Untersuchung haben wir zwei Gruppen von Blättern zu unterscheiden, solche, welche normal, ohne jeden Eingriff von Aussen, an bestimmten Orten Sprosse und Wurzeln erzeugen; und solche, welche dies normal nicht thun, dagegen auf Isolirung oder sonstige äussere Verletzung mit Spross- und Wurzelbildung antworten. — Die zweite Gruppe ist für uns die wichtigste, und wir wollen daher mit dieser beginnen.

Als geeignetste Versuchs-Objecte bieten sich dar die Blätter

---

[1]) *Kaulfuss.* Das Wesen der Farnkräuter. Leipzig, 1824. S. 68.

[2]) *Hofmeister.* Botanische Zeitung, 1849. S. 648 ff.

[3]) Vergl. *Neumann.* Die Kunst der Pflanzenvermehrung durch Stecklinge, Steckreiser, Absenker etc. Weimar, 1870. S. 35.

von Begonien, und zwar besonders die von der als Zierpflanze allbekannten Begonia Rex nebst ihren Spielarten.

Wir wollen zunächst das Verhalten des Blattstiels prüfen. Zu dem Ende nehmen wir verschieden lange, kräftige Stücke solcher Stiele, von denen die Blattspreite völlig entfernt ist, und hängen sie in bekannter Art im Glashafen auf. Ein Theil dieser Stücke geht fast stets in Fäulniss über; andere widerstehen zunächst. Diese bilden gewöhnlich schon früh an ihrer Basis Wurzeln; dann aber kann längere Zeit verlaufen, ehe etwas Weiteres geschieht. In fast allen von mir beobachteten Fällen begann nun an der Spitze der Stücke ein Fäulnissprocess, der sich allmälig nach der Basis hin fortsetzte. An dieser entstanden dann, und zwar manchmal lange Zeit bevor die Fäulniss dort anlangte, Sprosse, die, wie früher die Wurzeln, frei aus der Rinde entsprangen, und dicht an oder nur wenig über der Schnittfläche standen. (Fig. 10 Blattstiel von B. discolor.) Nachdem dieselben eine geringe Länge erreicht hatten, bildeten sie an ihrer eignen Basis kleine Wurzeln. —

Fig. 10.

Es zeigen sonach die Blattstiele ein Verhalten, wie wir es früher bei einzelnen Begonia-Internodien beobachtet haben. Nichtsdestoweniger möchten wir sie diesen aus bald zu erörternden Gründen nicht gleichstellen.

Wir verändern nun zunächst das Experiment so, dass wir die Lamina nicht ganz vom Blattstiele trennen, sondern an diesem ein Stück von jener stehen lassen; die grössere Fläche des Blattes wird weggeschnitten, und nur der unmittelbar am Stiele befindliche Theil mit einem Radius von etwa 3 — 6 Ctm. gelassen. — Wiederum entstehen zunächst an der Basis des Stieles Wurzeln. Nun aber beginnt in der Regel nicht ein Zersetzungsprocess von der Spitze her, sondern es entsteht an der Ansatzstelle der Lamina an den Stiel auf der Oberseite derselben, genau an der Stelle, von welcher die einzelnen Nerven in's Blatt ausstrahlen, eine Gruppe von Adventiv-Sprossen, welche alsbald an ihren eignen Basen Wurzeln erzeugen. Gewöhnlich treten dann auch noch auf dem oberen Theile des Blattstiels, in der Nähe der Sprosse, Wurzeln auf. (Taf. II, Fig. 2, b die Basis des Stieles; l das Stück der Lamina

k die Triebe.) — Alle in dem dunklen Raume gebildeten Adventiv-Sprosse haben natürlicher Weise ein vergeiltes Aussehen. Nach einiger Zeit beginnt an der Peripherie des stehen gebliebenen Lamina-Theiles ein Fäulnissprocess, der sich allmälig nach Innen hin fortsetzt, und endlich auch den Stiel erreicht. Nach und nach geht das ganze Gewebe des Blattes in Zersetzung über, und wenn die jungen Sprosse nicht von demselben abgehoben, und in günstigere Lebensbedingungen gebracht werden, so werden auch sie endlich von der Fäulniss ergriffen. Stets aber beobachtet man, dass sie derselben am längsten widerstehen: sie wachsen, so lange von dem Theil des Blattgewebes, aus dem sie entsprossen, und von dem sie die Nahrung zum Wachsthum beziehen, noch eine Spur gesund ist.

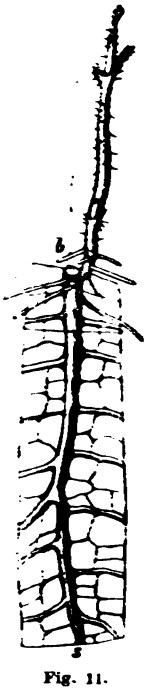


Fig. 11.

Das eben geschilderte Verhalten zeigt die Ansatzstelle der Lamina an den Blattstiel auch dann, wenn man den letzteren nur sehr kurz gelassen oder selbst ganz weggeschnitten hat; ebenso ist es gleich, ob man die Laminar-Fläche kleiner oder grösser geschnitten, oder selbst ganz intakt gelassen hat. — Es stellt sonach jener Ort auf der Lamina ein Bildungs-Centrum dar, das eine ganze Schaar von Sprossen erzeugt, sobald das Blatt von der Mutterpflanze getrennt, und in geeignete Lebensbedingungen versetzt wird.

Nunmehr lassen wir den Blattstiel ganz bei Seite, und fassen bloss das Verhalten der Lamina in's Auge. Es werden zu dem Zweck beliebige Stücke aus derselben geschnitten, welche in ihrer Mitte einen der stärkeren Nerven enthalten. Solche Stücke, vertical im Glashafen aufgehängt, erzeugen in der Regel an dem Basalende ihres Hauptnerven Wurzeln, denen gewöhnlich bald an demselben Orte eine oder mehrere Knospen folgen. (Fig. 11.) Es kann hierbei das Stück, wie früher der Stiel, von der Spitze aus in Fäulniss übergehen, oder völlig unversehrt bleiben. Die Bildung von Wurzeln und Sprossen an der Basis ist hier streng regelmässig; niemals treten Sprosse an der Spitze der Stücke auf. — Die Unterschiede, welche in dem Verhalten der einzelnen Stücke vor-

kommen, sind klein; und betreffen nur den Ort der Neubildungen an der Basis. Bald stehen die Wurzeln auf beiden Seiten der Basis, (der Ober- und Unterseite der Lamina), bald nur auf einer derselben. – Ganz analoge Verhältnisse bieten die Sprosse in ihrem Auftreten dar. Nach meinen Beobachtungen dürften sie am meisten auf der einstigen Oberseite der Stücke entstehen; doch brechen sie häufig auch aus der Unterseite hervor. Niemals wurde wahrgenommen, dass die Neubildungen aus der Schnittfläche der Nerven direct hervorgehen, stets bildeten sie sich auf der ursprünglichen Ober- oder Unterseite, oder auf beiden. Manchmal schwillt die Basis des Nerven schon vor dem Auftreten von Wurzeln und Sprossen callusartig an; in andern Fällen geschieht dies erst während des Entstehens jener Bildungen und nach demselben.

Man kann den eben beschriebenen Versuch auch so abändern, dass man grössere Stücke der Lamina zum Versuch verwendet, auf diesen an verschiedenen Orten die Nerven durchschneidet, und die Schnittflächen vor dem Verwachsen schützet. Dann bilden sich an jeder durch einen Schnitt erzeugten Basis Knospen und Wurzeln in der eben angegebenen Art; und man kann auf diese Weise selbst an sehr schwachen Nerven das Entstehen von Neubildungen hervorrufen.

In allen diesen Fällen wird die Spitze und die Basis durch die Richtung bestimmt, in welcher ein Nerv verläuft. Bei den stärkeren Nerven ist die Basis des Stückes stets der des ganzen Blattes zugewandt; dasselbe gilt aber nicht immer von der Spitze, und zwar um so weniger, je stärker bogenförmig gekrümmt die Nerven verlaufen. Bei den schwächeren Seitennerven bestimmt stets die Ansatzstelle derselben an den stärkeren Nerven die Basis, das entgegengesetzte Ende die Spitze.

Soviel über das Entstehen der Neubildungen auf den Blättern der Begonia Rex.

Es wurde nun versucht, dieselben Experimente mit Blättern von Begonia discolor zu machen, allein hier gelangen sie nur theilweise. Isolirte Lamina-Stücke gingen stets zu Grunde. Blattstiele, sowohl ohne, als mit dem mittleren Theile der Lamina, hielten sich im Glashafen längere Zeit frisch; um später jedoch stets von der Spitze aus in Fäulniss überzugehen. Wiederholt

erzeugten sie an der Basis, bevor die Zersetzung dieselben ergriff, Wurzeln und Sprosse in derselben Art, wie sie bei der früher genannten Species beobachtet wurden. (Fig. 10.)

Als weiteres Untersuchungs-Object dienten die Blätter einer ganz verschiedenen Pflanze, des schon mehr besprochenen Heterocentron diversifolium. — Hängt man ausgewachsene Blätter dieser Pflanze im Glashafen auf, und stellt diesen dunkel, so gehen dieselben nach meinen Versuchen regelmässig zu Grunde. Setzt man das Glas dagegen einem matten, diffusen Tageslichte aus [1]), so bleibt ein Theil der Objecte gesund. Ist diesen der Stiel gelassen, so entstehen an dem letzteren, und zwar zunächst unmittelbar über der basalen Schnittfläche, Wurzeln, denen im Laufe der Zeit noch weitere auf der ganzen Länge des Stieles bis in die Nähe der Lamina folgen. In der Regel bleibt aber die Basis bevorzugt, und es bilden sich häufig an ihr ganze Haufen von Wurzeln. — Dagegen wurde die Entstehung von Knospen an diesen Blättern niemals beobachtet.

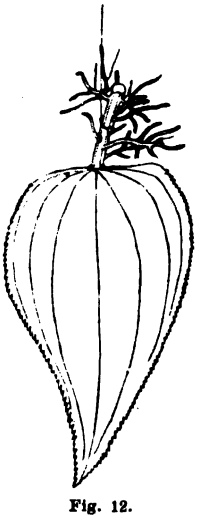


Fig. 12.

Einzelne der eben genannten Objecte gewährten einen interessanten Anblick. Sie hingen vier und selbst fünf Monate lang in dem mit Wasserdampf gesättigten, matt beleuchteten Glashafen, ohne zu Grunde zu gehen. Nach und nach erzeugten sie immer neue Wurzeln, während die zuerst entstandenen zu immer beträchtlicherer Länge heranwuchsen. (Fig. 12.) Da kaum anzunehmen war, dass diese Blätter schon beim Beginn des Versuchs genügende plastische Substanz zur Production der zahlreichen Wurzeln enthielten, so wurde der Schluss nahe gelegt, dass sie dieselbe durch Assimilation selbst erzeugten; eine Arbeit, welche dann unter verhältnissmässig ungünstigen Bedingungen geleistet wäre. Es schien ausserdem, als ob die Blätter auch an Grösse zugenommen hätten; doch kann ich, da weder Messungen, noch

[1]) In diesem Versuch wurde die ganze Innenseite der Glashäfen mit ziemlich dickem, weissem Fliesspapier ausgekleidet, und dieselben, nachdem auch die Deckel mit dem gleichen Papier bedeckt waren, soweit in's Zimmer zurückgestellt, dass sie nie vom direct einfallenden Sonnenlichte getroffen wurden.

UNIV
CALI

Gewichtsbestimmungen angestellt wurden, keine sichern Angaben darüber machen.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass es auch bei den letztgenannten Versuchen der Hauptsache nach gleichgültig ist, ob die Objecte aufrecht oder verkehrt hängen.

Gleichzeitig mit den eben besprochenen Experimenten wurden andere Blätter theils mit, theils ohne den Stiel in mit feuchter Erde gefüllte Töpfe gesteckt und mit Glasglocken bedeckt. Im ersteren Falle bildeten sich die Wurzeln ebenso, wie an den in feuchter Luft hängenden Exemplaren; im letzteren Falle entstanden sie an der Stelle, an welcher die Lamina dem Stiele angesetzt ist, da, wo die fünf oder sieben Hauptnerven in's Blatt ausstrahlen.

Nunmehr wurde der Versuch etwas verändert. Es wurde der basale Theil der Lamina durch zwei, den stärkeren Quernerven parallel laufende, in dem mittleren Hauptlängsnerven sich treffende, Schnitte entfernt; und der apicale Theil der Lamina vertical aufrecht mit den eben beschriebenen Schnittflächen in feuchte Erde gesteckt, und sonst wie früher die ganzen Blätter behandelt. Es bildete sich jetzt an dem basalen Ende des Mittelnerven, dicht über der Schnittfläche, ein ganzes Geflecht von Wurzeln (Taf. II, Fig. 7, b die Basis.

Dem eben erörterten lief ein anderer Versuch parallel. In diesem wurden den Blättern durch je zwei Schnitte, welche den letztangewendeten entgegengesetzt gerichtet waren, die Spitzen genommen, und nun die basalen Stücke theils mit, theils ohne Stiel vertical-verkehrt mit den Schnittenden in feuchte Erde gesteckt. — Die meisten dieser Objecte gingen bald zu Grunde; andere dagegen blieben lebendig. Diese erzeugten nun, wenn der Stiel erhalten war, an der Basis desselben eine callöse Anschwellung und Wurzeln, welche in der feuchten Luft auswuchsen, aber meist nicht lang wurden. War der Stiel weggeschnitten, so bildeten sich die Wurzeln an der schon bezeichneten Vereinigungsstelle der Hauptnerven des Blattes. (Taf. II, Fig. 5 u. 6. Die Querlinien deuten die Höhe an, bis zu welcher die Stücke in die Erde reichten.) — An dem in Erde befindlichen Apical-Theile dieser Blattstücke entstanden niemals Wurzeln. Die Bildung von Knospen wurde auch hier nicht beobachtet.

Ausser den genannten wurden noch die Blätter einer Anzahl

anderer Pflanzen mit ihren Stielen in Erde gesteckt; so z. B. die von Impatiens grandiflora, I. parviflora, Pereskia Bleo u. A. Alle diese zeigten im Wesentlichen dieselben Erscheinungen, welche die Blätter von Heterocentron diversifolium darboten. Sie bildeten mit Leichtigkeit Wurzeln, dagegen keine Knospen.

Endlich aber hat *van Tieghem*[1]) gezeigt, dass sogar die Keimblätter gewisser Pflanzen, wenn isolirt, im Stande sind, Wurzeln und Knospen zu erzeugen. Die Cotyledonen von Helianthus annuus wurden von der Keimpflanze getrennt, und unter günstigen äusseren Verhältnissen sich selbst überlassen. Nach einiger Zeit bildeten dieselben an ihren unteren Enden Anschwellungen, aus welchen zunächst Wurzeln, in der Folge aber auch Knospen hervorgingen. — Ich habe den Versuch *van Tieghem's* mit Keimblättern der Erbse, Pisum sativum, wiederholt, und kann seine Angaben bezüglich der Entstehung von Wurzeln bestätigen. Dieselben bilden sich lediglich an der Basis. Knospen habe ich an meinen Objecten bis dahin sich nicht entwickeln sehen, ein Umstand, der aber jedenfalls seinen Grund in der schon vorgerückten Jahreszeit hatte, in welcher die Versuche angestellt wurden.

Wir wären damit zur zweiten Gruppe von Blättern gelangt, zu derjenigen, deren Vertreter schon normal an bestimmten Orten Sprossanlagen erzeugen. Aus der Gruppe der hierher gehörigen Pflanzen wurde zunächst Cardamine pratensis zum Versuche verwendet.

Die Blätter dieser Pflanze erzeugen schon im jugendlichen Zustande regelmässig Sprossanlagen, deren Ort nach fertigen Zuständen von *Cassini* und *Münter* richtig beschrieben worden ist. Die Verschiedenheit der Blätter dieser Pflanze ist bekannt. Die untersten sind häufig einfach; dann folgen solche mit einem Paar Fiedern; dann allmälig weitere, deren Fiederzahl zunimmt. Die Fiederblättchen sind anfangs ebenso breit oder sogar breiter, als lang; je höher ihr Ort am Stengel ist, um so mehr überwiegt der Längsdurchmesser. — Auf allen diesen Blattformen werden nun Sprossanlagen erzeugt; die Stellung derselben ist aber nicht überall gleich. An den unteren Blättern stehen sie entweder auf der

[1]) *van Tieghem*. Recherches physiologiques sur la Germination. Annales scientifiques de l'école normale supérieure. II. Série. T. II. Paris, 1873, p. 16.

Hauptrippe in den Achseln der Fiederblattstiele, oder auf den letzteren da, wo sie in die Lamina übergehen. (Taf. II, Fig. 3). Der letztere Ort kann aber etwas variiren; er kann etwas weiter auf der Lamina vorgerückt, oder umgekehrt etwas weiter nach der Mitte des Stieles hin gelegen sein. Nicht selten kommt es vor, dass die Anlagen gleichzeitig auf dem Fiederblattstiele und in seiner Achsel auftreten. Ausserdem finden sich die Anlagen, wie schon von *Cassini* und *Münter* hervorgehoben, auf der Lamina, und zwar da, wo zwei oder drei der stärkeren Nerven sich vereinigen.

Die Sprossanlagen, deren Ort soeben beschrieben wurde, kommen häufig schon im Freien zu weiterer Entwickelung. Besonders gilt dies von denen der unteren Blätter, seltener von denen der oberen. — Sehr leicht ist das Auswachsen von Anlagen dadurch hervorzurufen, dass man die Blätter von der Mutterpflanze trennt, und in einen feuchten Raum bringt.

Hängt man derartige isolirte Blätter im Glashafen auf, so schwellen fast stets alsbald einige der Anlagen zu kleinen Knötchen an, aus deren Basis sofort eine oder mehrere sehr zarte Wurzeln hervorwachsen, die eine beträchtliche Länge erreichen. Sehr bald folgen ihnen die ersten kleinen Blättchen der jungen Pflanze.

Steckt man Blätter der Cardamine mit der Basis des Stieles in feuchte Erde, bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke, und setzt es dem Tageslichte aus, so erhält man hinsichtlich des Auswachsens der Knospenanlagen dasselbe Resultat, das in dem eben besprochenen Versuche erzielt wurde.

Bemerkenswerth ist, dass die Blattstiele unseres Objectes, gleichviel, unter welche äussere Bedingungen dasselbe auch gebracht wird, niemals Wurzeln erzeugen.

Es handelt sich nun darum, in welchem Verhältniss die eben beschriebenen Blätter zu den früher behandelten stehen, die normal keine Knospen führen. — Um diese Frage zu erledigen, wurden an verschiedenen Orten der Lamina Querschnitte durch die stärkeren Nerven geführt, und dafür gesorgt, dass die getrennten Stücke nicht mit einander verwachsen konnten. Es fand sich nun, dass zwar nicht in allen, aber doch in vielen Fällen an der Basis über dem Schnitt Knospen angelegt wurden, deren ganzes Verhalten dem der normal angelegten völlig entsprach. (Taf. II, Fig. 4. Bei o die Schnitte; darüber die Knospen.) Und zwar wurden die Schnitte erst dann an den Objecten angebracht, wenn sie

schon längere Zeit unter der Glocke vegetirt hatten, ohne Knospen hervorzubringen. Die letzteren entstanden in einzelnen Fällen in Folge des Schnittes nahe an der Spitze des Blattes; und es gelang, vermittelst zweier Schnitte auch zwei Knospen hinter einander hervorzurufen. — Doch muss ich, da die fraglichen Blätter, soviel mir bekannt, auf den Ort und die Zahl der auf der Lamina vorhandenen Knospenanlagen noch nicht genügend untersucht sind, dahin gestellt sein lassen, ob die besprochenen Knospen durch den Schnitt hervorgerufen, oder schon früher vorhandene, durch den letzteren aber zur Entwickelung angeregte Anlagen waren.

Aus dieser Thatsache folgt, dass in Bezug auf Reproductionsfähigkeit die Blätter der beiden Gruppen von Pflanzen im Allgemeinen mit einander übereinstimmen. In beiden werden bei künstlich angebrachten Eingriffen die neuen Sprosse an den Basen erzeugt oder zum Auswachsen veranlasst. Der Unterschied, dass im einen Falle den Sprossen Wurzeln vorausgehen, während im andern die letzteren nur an der Basis der jungen Sprosse entstehen, kann nicht als erheblich bezeichnet werden. — Auch in anderer Beziehung bieten sich Analogien dar. Offenbar entspricht das Bildungs-Centrum auf dem Blatt von Begonia Rex der Ansatzstelle der Lamina an den Stiel der Fiederblättchen bei Cardamine; ja wenn man die untersten meist nicht gefiederten Blätter der letzteren in Betracht zieht, so ist die Aehnlichkeit in die Augen springend. Nur herrscht dabei der Unterschied, dass bei Cardamine die Sprossanlagen normal erzeugt werden, während deren Bildung bei Begonia erst durch künstliche Eingriffe hervorgerufen wird.

Dass die Erzeugung der Knospen in den Achseln der Fiederblättchen von Cardamine und Lycopersicon eine äusserliche Aehnlichkeit mit der der normalen Achselknospen an Zweigen besitzt, leuchtet ohne Weiteres ein, und es ist dieser Punkt schon wiederholt hervorgehoben worden. Doch ist es sehr unwahrscheinlich, dass beiden Erscheinungen die gleichen Ursachen zu Grunde liegen.

Der Umstand, welcher das höchste Interesse in Anspruch nehmen muss, besteht darin, dass an einem isolirten Blattstück Sprosse und Wurzeln an *einem* Orte, der Basis, gebildet werden; dass die Spitze frei von Neubildungen bleibt. — Wie man die Bildungs-Centra auf Begonia- und anderen Blättern erklären soll, mag vorläufig dahingestellt bleiben. Es ist möglich, dass

man die Vereinigungsstelle der Hauptnerven des Blattes als deren gemeinschaftliche Basis betrachten darf; und dann würden jene Centra unter die allgemeine Regel fallen. Es ist aber auch möglich, dass die genannte Auffassung keine Geltung hat, und dann wäre für die fraglichen Erscheinungen nach einer anderen Erklärung zu suchen. — Wir wollen diese Frage aber auf sich beruhen lassen, und uns lediglich an die allgemeine Regel halten, die für Stücke aus der Blattfläche unzweifelhaft, und für Stielstücke mit nahezu derselben Sicherheit gilt. Zur Erklärung des abweichenden Verhaltens des Blattes bieten sich nun zwei Möglichkeiten dar.

Die erste besteht in Folgendem. Stengel und Wurzel haben im Allgemeinen ein unbegrenztes Wachsthum. In manchen Fällen wachsen sie ununterbrochen in die Länge; der Vegetationspunkt bleibt stets im Zustande des Theilungsgewebes. In anderen ist das Wachsthum ein unbegrenztes, aber der Vegetationspunkt geht periodisch in Dauergewebe über, welches sich beim Beginne der neuen Wachsthumsperiode wieder in Theilungsgewebe verwandelt. In noch anderen Fällen endlich geht der Vegetationspunkt, wie es scheint, für immer in Dauergewebe über; oder endlich wird die Spitze selbst abgeworfen. In diesen Fällen übernehmen in der Regel die dem Scheitel nächststehenden Knospen das weitere Wachsthum. — Ganz anders verhält sich das Blatt. Nach Durchlaufung einer kürzeren oder längeren Wachsthumsperiode erreicht es seine definitive Grösse. Seine Zellen verwandeln sich in Dauergewebe, und gehen unter normalen Verhältnissen nicht wieder in den Zustand des Theilungsgewebes über.

Dass Stengel und Wurzel ein unbegrenztes Wachsthum haben, beruht jedenfalls, wenigstens soweit es die nächsten Ursachen betrifft, auf dem cellularen Aufbau derselben Denn dass ihre Elemente an bestimmten Orten sich ununterbrochen theilen, kann nur in diesen selbst seine Ursache finden. — Es haben aber nicht bloss die Zellen des Vegetationspunktes die Fähigkeit, sich ununterbrochen zu theilen, sondern es kommt derselbe Charakter potentiell auch allen Descendenten derselben zu. Die Dauerzelle eines mit unbegrenztem Wachsthum versehenen Gebildes hat potentiell selbst ein unbegrenztes Wachsthum. Denn da das ganze Gebilde nur aus einer grösseren oder geringeren Summe von constituirenden Elementen besteht, so muss ein Charakter, den

las Ganze trägt, sich auch am Einzelnen zeigen, oder vielmehr von diesem ausgehen.

Dass auf der anderen Seite das Blatt ein begrenztes Wachsthum hat, kann ebenfalls nur in der Natur der dasselbe zusammensetzenden Elemente seinen Grund finden; d. h. jede Zelle des Blattes participirt an dem Charakter des begrenzten Wachsthums.

Wenn die eben entwickelte Anschauung richtig ist, — und ich sehe keinen Grund, von dem aus man sie bestreiten könnte, — so ergeben sich die Beziehungen zu unseren Reproductions-Erscheinungen ohne Weiteres.

Wird das actuell oder potentiell unbegrenzte Wachsthum des Stengels oder der Wurzel durch einen Schnitt unterbrochen, so setzt es sich an den durch den Schnitt gebildeten Enden fort, und zwar entweder in den dort vorhandenen Anlagen oder in erst erzeugten Neubildungen. Die Wurzeln an der Spitze eines Wurzel- und an der Basis eines Zweigstückes stellen die Folge der Unterbrechung des Spitzenwachsthums der Wurzel, die Knospen an der Spitze eines Zweig- und an der Basis eines Wurzelstücks die Folge der Unterbrechung des Spitzenwachsthums des Zweiges dar. — (Diese Beziehnungen werden sich an der Keimpflanze, wie ich später zeigen werde, noch besser ergeben, als an den isolirten Zweig- oder Wurzelstücken.) An allem Spitzenwachsthum ist in hervorragender Weise unsere innere Kraft betheiligt.

Wir gehen nun zum Blatt, und zwar wollen wir hier den indirecten Weg einschlagen. Gesetzt, es entständen an einem Blattstück an der morphologischen Spitze Knospen, an der Basis Wurzeln, so würde das Blattstück den Charakter des begrenzt Wachsenden aufgeben, und den des unbegrenzt Wachsenden annehmen. Dies scheint aber mit seiner Natur im Widerspruch zu stehen, und deshalb entstehen Wurzeln und Knospen an einem Orte, und zwar an der Basis. — Es wäre nicht unmöglich, dass die Vegetations-Centra auf den Blättern von Begonia Rex, der sich Peperomia-Arten ähnlich verhalten, in einem möglicher Weise potentiell unbegrenzten Wachsthum der Blattstielspitze ihren Grund haben, und ich ging anfangs von dieser Vorstellung aus. Allein das nach meinen bisherigen Versuchen ausnahmslose Entstehen von Knospen und Wurzeln an der Basis der Stielstücke hat mir Zweifel an der Richtigkeit jener Vorstellung wachgerufen. — Weitere Untersuchungen müssen diesen Punkt aufhellen.

Wir haben sonach die Verschiedenheit der Reproductions-Erscheinungen des Stengels und der Wurzel auf der einen, des Blattes auf der anderen Seite in Zusammenhang gebracht mit dem verschiedenen Wachsthum dieser Gebilde, und das letztere als die Ursache der ersteren hingestellt. — Es wäre jedoch möglich, dass diese Auffassung in der Folge dahin zu berichtigen wäre, dass die eine der Erscheinungen nicht die Ursache der anderen darstellte, sondern dass beide als Schwesterfolgen auf einer und derselben Ursache beruhten. Diese Frage lässt sich zur Zeit nicht beantworten. Aus dem Umstande jedoch, dass das Wachsthum normal vor sich geht, die Reproductions-Erscheinungen dagegen zum grösseren Theile erst auf künstliches Eingreifen entstehen, also eigentlich etwas Secundäres darstellen, habe ich es vorgezogen, die letzteren als Folge der ersteren aufzufassen. Wie dem aber auch sei: soviel ist sicher, dass zwischen beiden Erscheinungen der innigste Zusammenhang besteht.

Die zweite Möglichkeit zur Erklärung der fraglichen Erscheinungen sehe ich in den Symmetrie-Verhältnissen, welche die verschiedenen morphologischen Gebilde darbieten. — Stengel und Wurzel sind im Allgemeinen mehrfach oder nach zwei Richtungen symmetrisch gebaut. Das Blatt dagegen, ein meist flächenartiges Gebilde, zeigt zwar häufig auch Symmetrie, allein nur in einer Ebene; in der dazu senkrechten ist keine vorhanden. In vielen Fällen fehlt selbst die Symmetrie in einer Ebene. — Stellen wir uns nun vor, ein Blattnerv mit einem Gefässbündel von halbmondförmiger Gestalt oder mit einer Anzahl von Gefässbündeln in halbmondförmiger Anordnung erzeuge an seiner Spitze Triebe, an seiner Basis Wurzeln, so hätten wir eine Lebenseinheit, deren Grundstock einfach symmetrisch, deren apicale und basale Bildungen dagegen mindestens in zwei Ebenen symmetrisch wären. Ein derartig gebautes Individuum würde aber eine so auffallende Erscheinung darbieten, dass man so lange an der Möglichkeit seiner Existenz zu zweifeln das Recht hat, bis dieselbe mit Bestimmtheit nachgewiesen ist. — Man könnte hier vielleicht einwenden, dass ja auch die isolirte Längshälfte eines Zweiges nur in einer Richtung symmetrisch sei, und doch an Spitze und Basis die verschiedenen Bildungen erzeuge. Allein darauf wäre zu erwidern, dass der Blattnerv der Anlage nach einfach, die Zweighälfte der Anlage nach mehrfach symmetrisch gebaut ist,

und dass darin ein fundamentaler Unterschied zwischen beiden besteht. —

Wie dem aber auch sei, ob das zuletzt besprochene Moment eine Bedeutung hat oder nicht, soviel dürfen wir, wenn das erstere der Fall sein sollte, jedenfalls annehmen, dass dieselbe hinter diejenige zurücktritt, welche die unter dem ersten Erklärungsversuch erörterten Verhältnisse ausüben werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist das unbegrenzte oder begrenzte Wachsthum der verschiedenen morphologischen Gebilde die erste, wenn nicht alleinige Ursache der abweichenden Reproductions-Erscheinungen.[1])

[1]) Um die Frage zum Austrag zu bringen, habe ich im Sommer 1877 eine Reihe von Versuchen eingeleitet, über die ich, da sie noch nicht abgeschlossen sind, erst später ausführliche Mittheilung machen werde. Hier sei nur Folgendes angeführt.

Wenn es wahr ist, dass das begrenzte Wachsthum des Blattes die Ursache der oben besprochenen Erscheinung ist, dann müssen solche Sprossgebilde, welche blattartige Gestalt, und, wie die meisten Blätter, ein begrenztes Wachsthum besitzen, sich bezüglich der Reproductions-Erscheinungen ebenso oder ähnlich verhalten, wie diese. — Von dieser Voraussetzung ausgehend, machte ich Stecklinge von den differenten Sprossen solcher Pflanzen, welche Zweige verschiedener Art erzeugen, blattartig ausgebildete mit begrenztem Wachsthum, und deren Träger von meist polysymmetrischer Gestalt und unbegrenztem Wachsthum. — Was ich erwartet hatte, geschah. Die letztgenannten Sprosse erzeugten, wenn abgeschnitten und mit der Basis in Erde gesteckt, an der letzteren Wurzeln, während sie an der Spitze weiter wuchsen oder gleichartige seitliche Bildungen hervorbrachten. Ganz anders die blattartigen Sprosse. Nachdem sie an der Basis Wurzeln producirt, wuchsen an ihrer Oberfläche wohl Blüthen aus schon vorhandenen Anlagen hervor, allein die polysymmetrischen Sprosse, welche den eigentlichen Grundstock der ganzen Pflanze bilden, gingen neben den Wurzeln nur aus der Basis hervor. Ich habe das Verhältniss erst an sehr wenigen Exemplaren gesehen; die meisten meiner Objecte sind im Wachsthum noch nicht weit genug vorgeschritten. Es ist aber nicht daran zu zweifeln, dass die angedeuteten Züge von allgemeinerer Geltung sind.

Hierher gehören noch andere Fälle. Bekanntlich giebt es eine Anzahl Coniferen, welche einen sehr regelmässigen Bau haben. An der verticalen, meist mehrfach symmetrischen Hauptaxe stehen Quirle von Seitenzweigen, deren eigene Verzweigungen meist, und zwar oft sehr regelmässig, in einer Ebene liegen. Eine alte Erfahrung lehrt nun, dass Zweige der letzteren Art, wenn zu Stecklingen verwendet, sich wohl bewurzeln, und neue Zweige bilden, allein stets nur in der den Seitenzweigen eigenen Art. Nie verändern sie sich, auch wenn sie senkrecht eingesetzt werden, direct in eine normale Hauptaxe. — Diese Thatsache findet man gewöhnlich wieder-

D. Spitze und Basis an Früchten.

Alle bisher besprochenen Versuche wurden ausschliesslich mit rein vegetativen Pflanzentheilen angestellt. Im Frühjahr 1877 legte ich mir die Frage vor: wie mögen sich den uns beschäftigenden Problemen gegenüber solche Theile verhalten, welche unter normalen Verhältnissen den sexuellen Verrichtungen dienen? Welche Erscheinungen mögen Blüthen oder deren Theile darbieten? Ich hatte dabei zunächst lediglich die Stengeltheile, nicht die Blätter der Blüthe im Auge, und suchte in Bezug auf jene nach passenden Objecten. Als solche schienen sich mir die Früchte einiger Opuntia-Arten darzubieten; eine Vermuthung, deren Richtigkeit durch den Versuch vollkommen bestätigt wurde.

Als schon meine Culturen im fröhlichen Gedeihen waren,

---

gegeben, und zwar meist mit dem Zusatz, dass die Seitenzweige der genannten Pflanzen überhaupt nicht im Stande seien, die ganze Mutterpflanze zu reproduciren. Allein dieser Zusatz ist unrichtig. Aus der gärtnerischen Praxis ist längst bekannt, dass die genannten Zweige sich zwar selbst nicht zu verticalen Hauptaxen erheben, wohl aber an ihrer Basis einen Callus erzeugen, aus welchem die letzteren direct hervorgehen. — Zu diesen interessanten Fällen werde ich in der Folge noch weitere Seitenstücke liefern können.

Ob auf der andefen Seite solche Blätter, welche, wie die von Lygodium und anderen Farnen, angenommener Maassen ein unbegrenztes Wachsthum haben, sich bezüglich ihrer Neubildungen wie normale Sprosse und Wurzeln verhalten, habe ich aus Mangel an Untersuchungs-Material bisher nicht feststellen können.

Aus den angeführten Verhältnissen folgt, dass es nicht etwa die morphologische Natur eines Gebildes ist, welche den Ort der uns beschäftigenden Neubildungen bestimmt, sondern dass dieser von der Wachsthumsweise desselben abhängt. Ein Blatt hat begrenztes Wachsthum; es erzeugt Wurzeln und Sprosse an der Basis. Ein blattartiger Spross mit begrenztem Wachsthum thut dasselbe. Ein Seitenspross, zwar mit unbegrenztem Wachsthum, aber mit sehr weitgehender Differenzirung im Aufbau, vermag ebenfalls weder an seiner Spitze noch auf seiner Fläche die Hauptaxe hervorzubringen, sondern producirt sie an der Basis, und gleicht darin dem Blatt. Es ist also lediglich oder doch in erster Linie die Differenz im Wachsthum des zu erzeugenden Gebildes von dem erzeugenden, welches den Ort der fraglichen Neubildungen bestimmt. — In den letztgenannten Fällen machen die erzeugten Sprosse mehr den Eindruck von Tochterbildungen, die auf eine vom mütterlichen Organismus unabhängige Existenz hingewiesen sind, während sie an den normal gebauten Zweig- und Wurzelstücken mit diesem nur Theile einer Lebenseinheit darstellen.

fiel mir beim zufälligen Durchblättern einiger Bände der „Annales du Musée" ein Aufsatz des französischen Züchters *Thouin*[1]) in die Hände, in welchem derselbe Gegenstand behandelt wird. Ein dem unsrigen zwar nicht gleicher, jedoch entfernt verwandter Gedankengang hatte den genannten Autor zu dem uns beschäftigenden Experiment veranlasst. Nachdem derselbe auf die Vermehrbarkeit der Pflanzen aus Wurzeln, Knollen, Ausläufern, Blättern etc. hingewiesen hat, bemerkt er, dass auch einige Früchte die Fähigkeit besitzen, Stecklinge zu liefern, die zur Vermehrung der Individuen dienen können. Diese bemerkenswerthe Thatsache, „ce fait remarquable", bieten die Früchte des Cactus opuntia Tuna und Cactus opuntia polyanthos dar, welche zu den fraglichen Versuchen verwendet wurden. *Thouin* schnitt einige Früchte der ersteren, nachdem sie noch nicht drei Viertel ihrer Reife erlangt hatten, im Beginn des Sommers von der Mutterpflanze ab, und setzte sie normalen Stecklingen gleich in Erde. Nach einiger Zeit erzeugten diese Früchte an ihrem unteren Ende Anschwellungen, welche sich zu Wurzeln entwickelten; und bald darauf bildeten sich an dem oberen Ende (sur la couronne) fleischige Körperchen, die zu vegetativen Sprossen empor wuchsen (feuilles, wie *Thouin* sie irrthümlich bezeichnet). Die so erzeugten Pflanzen entwickelten sich kräftig. Eines der Exemplare wurde später geopfert, um den Zustand der Samen in dem Fruchtknoten zu untersuchen. Es fand sich beim Durchschneiden desselben, dass davon kein Rudiment mehr vorhanden war.

Ein ähnliches Resultat ergaben die Experimente, welche mit der zweiten der genannten Arten, mit Cactus opuntia polyanthos angestellt wurden.

Ich gehe nunmehr zu einer näheren Betrachtung der angeführten, allerdings als „remarquable" zu bezeichnenden Thatsache, und zur Besprechung der von mir selbst angestellten Untersuchung über, die, wie erwähnt, ursprünglich ganz unabhängig von den *Thouin*'schen Angaben begonnen wurde.

Der Bau der Cacteen-Blüthe im Allgemeinen, soweit es den fertigen Zustand betrifft, ist bekannt. Eine genügende entwickelungsgeschichtliche Untersuchung steht, soviel mir bewusst,

[1]) *Thouin*. Annales du Muséum d'histoire naturelle. Tome XII. Paris, 1808, p. 228. — Abbildung in Tome XIV. Pl. XI.

noch aus. — Die Blüthe der von uns verwendeten Opuntien ist dadurch ausgezeichnet, dass ihre Kelch-, Blumen- und Staubblätter dicht gedrängt auf dem Scheitel eines meist etwas trichterförmig gestalteten Stengelstückes stehen, welches, mit den Fruchtblättern verwachsen, den unterständigen Fruchtknoten darstellt. Dieser ist von fleischiger Textur und äusserlich lebhaft grün, wie die vegetativen Stengeltheile. Den letzteren gleicht er auch dadurch, dass er, je nach den Arten, mehr oder minder zahlreiche Stachelbüschel führt, weicht aber darin ab, dass sein Querdurchmesser ganz oder annäherend rund ist, und dass die fleischigen Blättchen, welche an den Stengeln vieler Arten in der Jugend vorhanden sind, aber meist bald abfallen, an ihm nur ganz geringe Entwickelung erlangen. — Mehr oder minder tief eingesenkt in dieses Gebilde ist die Fruchtknotenhöhle; bald ist sie dicht unter dem Scheitel gelegen, wie bei Opuntia orbiculata, bald nimmt sie mehr die Mitte desselben ein, wie bei O. polyantha.

Nach dem Verblühen bleiben die Fruchtknoten der meisten von mir beobachteten Opuntia-Arten mehr oder minder lange Zeit, oft Jahre lang, an der Mutterpflanze stehen. Ihr Verhalten dabei ist aber ein verschiedenes. Bei der einen Art nähern sie sich allmälig der Reife; ihre Farbe geht von Grün in Gelb oder Roth und Schwarzroth über, und sie fallen dann ab. Bei der anderen dagegen bleiben sie grün und zeigen eine auffallende Erscheinung. Es sprossen nämlich aus ihren Spitzen von Neuem Blüthen hervor, und zwar sind es gewöhnlich die unmittelbar auf die Orte der einst vorhandenen Kelchblätter folgenden Achselsprosse, aus denen sie sich bilden; seltener treten sie in tiefer gelegenen Regionen auf. Die Zahl solcher auf einem Fruchtknoten erzeugten Blüthen beträgt 1, 2, 3 und noch mehr. Auch die Fruchtknoten dieser Blüthen bleiben nach dem Verblühen stehen, und können auch ihrerseits in der nächsten Vegetations-Periode Blüthen hervorbringen, deren Fruchtknoten später dasselbe Spiel zn wiederholen im Stande sind. So können, wie ich bei Opuntia polyantha, — der Art, welche unter den mir bekannten das erwähnte Verhältniss am ausgesprochensten zeigt, — beobachtet habe, bis zu vier Stockwerke von Fruchtknoten über einander gebildet werden. Da unter normalen Verhältnissen in jeder Vegetationsperiode nur ein Stockwerk erzeugt wird, so gehören dieselben ebenso vielen Vegetationsperioden an. Dabei

ist jedoch zu bemerken, dass ein Jahr in der Erzeugung von Blüthen übersprungen werden kann, und ferner, dass die in Ruhe gebliebenen Achselknospen eines älteren Stockwerkes in einer späteren Wachsthumsperiode sich noch zu Blüthen entwickeln können.

Ein für uns besonders bedeutungsvoller Umstand ist, dass unter normalen Verhältnissen aus den Fruchtknoten fast stets nur Blüthen, nie vegetative Triebe hervorgehen. Bei der Durchmusterung einer grossen Anzahl von Fällen sind mir nur zwei Ausnahmen von dieser Regel aufgestossen. In beiden waren anstatt der Blüthen vegetative Sprosse erzeugt, die zwar einen nur geringen Umfang erlangt hatten, sonst aber den normalen vegetativen Zweigen in allen Stücken glichen. — Beide Fälle gehörten der Opuntia polyantha an; bei keiner anderen Art wurde etwas Aehnliches wahrgenommen.

Es drängt sich die Frage auf, ob nicht die eben besprochenen Verhältnisse des Hervorsprossens von Blüthen aus Früchten mit einem etwa möglichen Unterbleiben der Befruchtung der in den letzteren vorhandenen Ovula im Zusammenhang stehen. Es liesse sich vorstellen, dass die Fruchtnoten der Arten, bei denen eine Befruchtung der Eichen stattfindet, später zur Reife gelangen und abfallen; dass dagegen, wenn die Befruchtung unterbleibt, die Fruchtknoten einen vegetativen Charakter erlangen, und neue Blüthen aus sich hervorgehen lassen. Man müsste dann annehmen, dass bei den einen Arten gewöhnlich keine Befruchtung vor sich geht, während sie bei den anderen der Regel nach statt hat.

Eine definitive Entscheidung dieser Frage ist mir bis jetzt nicht gelungen. Die Untersuchung der Ovula aus den Fruchtknoten der verschiedenen Stockwerke ergab folgendes Resultat. Diejenigen, welche etwa vier Monate nach dem Verblühen verschiedenen diesjährigen Fruchtknoten entnommen wurden, erwiesen sich als wohlerhalten, die Zellen prall mit dunklen Inhaltsstoffen erfüllt. Jedoch liess sich weder beim blossen Aufhellen, noch beim Zerdrücken, noch beim Durchschneiden derselben das Vorhandensein von Embryonen in ihnen nachweisen. In ein paar Fällen gelang die Präparation so, dass der intakte Embryosack eine genaue Durchmusterung gestattete; auch in diesen Fällen wurden keine Embryonen wahrgenommen. Noch einmal sei erwähnt, dass die Samenknospen ein normales, durchaus gesundes

Aussehen hatten. — Hiernach wäre anzunehmen, es habe eine Befruchtung nicht stattgefunden, wobei dann allerdings der gesunde Zustand der Samenknospen so lange Zeit nach dem Verblühen in Erstaunen versetzen müsste.

Es wurden nun die Fruchtknoten vorigjähriger Blüthen durchmustert. In ihnen fanden sich keine gesunden Samenknospen mehr, sondern nur deren vertrocknete, formlose, geschwärzte Reste. — Ganz ähnliche Verhältnisse bot die Untersuchung noch älterer Fruchtknoten dar; niemals fand sich unter den Resten ein gesunder Same.

Für die Richtigkeit dieser Beobachtung spricht auch der folgende Umstand. Gleich beim Beginn der Versuche wurde der Inhalt einer Anzahl solcher Fruchtknotenhöhlen in eine mit Erde gefüllte Schale ausgesäet, und nach den bei der Anzucht von Cacteen üblichen Regeln behandelt. Es wurde aber kein einziger Sämling gewonnen.

Alle angeführten Verhältnisse sprechen dafür, dass entweder keine Befruchtung der Ovula dieser Art stattgefunden, oder dass dieselbe, wenn sie dennoch erfolgt ist, die Bildung keimfähiger Embryonen nicht hervorgerufen hat. — Soweit wäre die eine Seite der oben aufgeworfenen Frage erledigt. Wenden wir uns nunmehr zu der anderen.

Die Untersuchung reifer, dunkelroth gefärbter Früchte ergiebt, dass auch unter ihnen solche vorkommen, welche keine Spur von gesunden Samen enthalten; wenigstens ist es mir in einzelnen Fällen nicht gelungen, die Gegenwart derselben nachzuweisen. — Danach scheint es, als wäre das Reifen und Rothwerden der Früchte keineswegs an das Vorhandensein von keimfähigen Samen geknüpft. — Der eine Theil unserer oben aufgeworfenen Vermuthung wäre sonach im bejahenden, der andere im verneinenden Sinne zu beantworten.

Soviel in Bezug auf die Untersuchung der fertigen Fruchtknoten, die übrigens die berührten Fragen nur in sehr bedingtem Sinne zu beantworten im Stande ist. Direct kann dies nur geschehen durch Befruchtungsversuche, die anzustellen ich bisher keine Zeit hatte, deren Ausführung aber eine meiner nächsten Aufgaben sein wird. — Es sei übrigens hinzugefügt, dass ich genügenden Grund zu der Annahme habe, dass die mehrerwähnte Vermuthung, so nahe sie auch liegt, in der That nicht zutrifft.

Schreiten wir nunmehr zur Betrachtung der Culturen unserer Früchte.

Im Monat Mai wurden einzelne abgeschnittene Früchte von Opuntia polyantha und O. orbiculata in mit Erde gefüllte Schalen gesteckt, und diese mit Glasscheiben bedeckt. Anfänglich wurde die Erde der Vernarbung der an den Früchten angebrachten Schnittwunden halber trocken, später mässig feucht gehalten. — Schon nach kurzer Zeit bildeten sich an den Basen der Früchte je 1—3 Wurzeln. Dieselben gingen aus der Rinde in der Nähe der Schnittwunde hervor, wuchsen rasch in die Erde hinab, und verzweigten sich dort vielfach. — Bald nach Anlage der Wurzeln an der Basis begann auch an der Spitze die Thätigkeit. Aus einer oder einigen der oberen Blattachseln gingen Sprosse hervor, welche nach kurzer Zeit die charakteristische Form echter vegetativer Triebe zeigten. Gewöhnlich entsprangen dieselben aus dem Wulste, welcher die Narben der einst vorhandenen Blattgebilde der Blüthe umgiebt, seltener an tiefer gelegenen Orten. Doch ist es auch vorgekommen, dass ein solcher Spross auf etwa halber Höhe der Frucht aus derselben hervorging. — Die Triebe wuchsen rasch empor, und erreichten bis zum Abschluss der Vegetationsperiode eine verhältnissmässig beträchtliche Länge. Dieselbe betrug bei O. polyantha bis zu 11 Ctm. bei einer Breite von 16 Mm.; bei O. orbiculata bis zu 8 Ctm. bei 20 Mm. Breite. Sie hatten eine freudig grüne Farbe, und waren dicht mit kleinen Blättchen und den aus ihren Achseln entspringenden Stachelbüscheln besetzt. (Taf. II, Fig. 18.)

Dies die Erscheinung, soweit sie auch *Thouin* beobachtet hat. Neben den erwähnten rein vegetativen Trieben werden von unseren Früchten aber noch andere Gebilde erzeugt, welche jener Autor beim Fehlen derselben in seinen Culturen entweder nicht beobachten konnte, oder, wenn sie vorhanden gewesen, übersehen hat. Es sind dies nämlich eigenthümliche, das Interesse in hohem Grade in Anspruch nehmende, Mittelgebilde zwischen vegetativen und Blüthensprossen. Den letzteren gleichen dieselben äusserlich dadurch, dass ihr Querschnitt einen kreisförmigen Umriss hat; dass sie, zumal am basalen Theile, mit einer beträchtlich geringeren Anzahl von Blättern besetzt sind, als die vegetativen Sprosse, und dass die Stacheln in den Achseln derselben meist nur sehr geringe Länge erreichen; dass sie ferner in einzelnen Fällen die birn-

förmige Gestalt des Fruchtknotens annähernd behalten. An die vegetativen Sprosse erinnern sie auf der anderen Seite dadurch, dass sie eine grössere Länge erreichen, als die Fruchtknoten, und dass sie in einzelnen Fällen die gestreckt birnförmige Gestalt aufgeben, und die eines Cylinders mit beiderseits verjüngten Enden annehmen. Was ferner an diesen Gebilden auffällt, ist der Umstand, dass sie auf ihrem Scheitel einen Schopf von verhältnissmässig grossen Blättern führen, die knospenartig zusammenneigen, und aus denen keine Stacheln hervorragen; Verhältnisse, wie sie bei vegetativen Sprossen nicht vorkommen. In einzelnen Fällen endlich zeigen die sämmtlichen Blättchen an diesem Gebilde eine auffallende Grösse, ein Vorkommen, das ich besonders bei Opuntia orbiculata beobachtet habe.

Untersucht man die Spitzen dieser Sprosse mikroskopisch, so zeigt sich, dass dieselben Blüthenanlagen enthalten, welche aber auf einem jugendlichen Entwickelungsstadium stehen bleiben, und später zu Grunde gehen. Es wurden zwei oder drei dieser Sprosse der Untersuchung geopfert. In allen Fällen waren die sämmtlichen Blattgebilde der Blüthe als noch wenig entwickelte Anlagen vorhanden: die Frucht-, Staub- und Blumenblätter, umgeben und bedeckt von grösseren grünen Kelchblättern. Die Fruchtknotenhöhle dagegen war noch sehr wenig ausgebildet; sie ragte nur um ein ganz Geringes in das Gewebe des Stengelstücks hinab, und führte noch keine Spur von Samenknospen.

Die angedeuteten Verhältnisse fanden sich in einem jüngeren der beschriebenen Sprossgebilde, in denen die sämmtlichen Blattgebilde der Blüthenanlage noch den Eindruck des Frischen und Gesunden machten. Sie wurden jedoch ebenso beobachtet in einem älteren Exemplar, nur mit dem Unterschiede, dass in diesem Falle alle jene Blattgebilde zu Grunde gegangen und gebräunt, und dass sie sämmtlich durch eine unter ihren Ansatzstellen hinlaufende Korkschicht von dem gesunden Gewebe getrennt waren.

Die Entstehung dieser eigenthümlichen Sprossformen geht wahrscheinlich auf folgende Art vor sich. Zu der Zeit, als die Früchte von der Mutterpflanze abgeschnitten wurden, im Monat Mai, hatten einzelne Knospen derselben vermuthlich schon ihr Wachsthum begonnen, und die ersten Blattgebilde der Blüthe angelegt. Wären die Früchte an der Pflanze verblieben, so würden aus jenen Anlagen normal Blüthen hervorgegangen sein.

Aus Gründen, die ich erst im zweiten Theile der Arbeit entwickeln kann, können diese Früchte, wenn sie abgeschnitten sind, nicht gleich wieder Blüthen bez. Früchte erzeugen, sondern müssen erst ein vegetatives Stadium durchlaufen. — Sind die Sprossanlagen in den Blattachseln der Früchte noch indifferent, so bilden sie sich direct zu vegetativen Trieben aus; haben sie dagegen schon die ersten Stadien der Blüthenanlage überschritten, so fahren sie im Wachsthum fort, bilden aber nun weder vollständige Blüthen, noch rein vegetative Zweige, sondern jene eigenthümlichen Mittelgebilde zwischen beiden, welche wir eben betrachtet haben.

Ob zu der Zeit, als ich meine Versuche einleitete, einzelne der Knospen in der That schon Blüthenanlagen darstellten, wurde damals nicht constatirt; und zwar lediglich desshalb, weil ich mir aus naheliegenden Gründen die bezügliche Frage noch nicht stellen konnte. — Die Untersuchung ruhender Achselknospen der Früchte im Herbste ergab stets nur das Vorhandensein kleiner Anlagen von völlig indifferenten Sprossgebilden. — Ich zweifle übrigens nicht daran, dass die künftige Untersuchung die Richtigkeit der eben ausgesprochenen Ansicht bestätigen wird.

Soviel über diese eigenthümlichen Mittelgebilde zwischen vegetativen und sexuellen Sprossen, die nach Allem als eine Art von auf künstlichem Wege hervorgebrachten Vergrünungen zu betrachten sind.

Aus ihren Spitzen sprossen nun bei längerer Dauer der Cultur echte vegetative Triebe hervor; und zwar entspringen sie an denselben morphologischen Orten, welche ihres Gleichen sonst an ausgewachsenen Früchten einnehmen. Sie gleichen in allen Stücken normalen vegetativen Trieben, besitzen deren einfachen Vegetationspunkt und führen Stachelbüschel, wie jene. Taf. II, Fig. 14 ist eine solche aus einer Frucht erzogene Pflanze von O. polyantha dargestellt; unten die Frucht mit den Wurzeln an ihrer Basis; an ihrer Spitze das Mittelgebilde zwischen vegetativem und sexuellem Spross, und an der Spitze dieses Mittelgebildes zwei normale vegetative Sprosse. — Das Object wurde nach dem Zeichnen der Untersuchung geopfert. Fig. 17 stellt den Längsschnitt der Frucht dar, unter der Vertiefung in der Mitte die Fruchtknotenhöhle. In Fig. 16 ist der Scheitel des Mittelgebildes in vergrössertem Maassstabe abgebildet; alle Blätter der Blüthe waren in diesem Falle schon geschwärzt, und von dem gesunden Gewebe durch eine Korkschicht

getrennt. Fig. 15 stellt den vergrösserten Umriss des Vegetationspunktes eines der beiden vegetativen Sprosse dar, die noch in vollem Wachsthum begriffen waren. — Fig. 19 liefert die Abbildung eines ähnlichen Sprosssystems von Opuntia orbiculata; unten die Frucht; an seiner Spitze eines der besprochenen Mittelgebilde und ein kleiner vegetativer Spross; an der Spitze des ersteren ein grösserer und ein noch sehr junger vegetativer Trieb. Das Object wurde nicht zerstört, sondern blieb in Cultur; in der Zeichnung wurden daher nur die oberirdischen Theile dargestellt.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass der Hauptversuch gleich dahin abgeändert wurde, dass nicht eine einzelne Frucht, sondern ein Frucht-System gesteckt wurde, und zwar derart, dass nur der Basaltheil der ältesten Frucht mit Erde umgeben war. Die Culturen gingen wegen der schon etwas vorgerückten Zeit, in welcher sie angestellt wurden, nicht ganz nach Wunsch von statten; doch ergaben einzelne ein Resultat. Es entstanden in diesen Fällen nur vegetative Triebe an den Spitzen der jüngsten Früchte; aus den älteren gingen bis jetzt keine hervor. Doch ist nach Allem nicht daran zu zweifeln, dass bei fortgesetzter Cultur alle Glieder des Systems gleichzeitig Sprosse erzeugen werden.

Alle bis jetzt mit Früchten angestellte Versuche waren derart, dass die äusseren Lebensbedingungen ungleichförmig dargeboten wurden, und es bleibt dabei die Frage nach dem Einfluss derselben auf den Ort der entstandenen vegetativen Organe offen. Ein Blick auf die gegebenen Figuren aber und auf das noch zu besprechende Verhalten der Cacteen im Allgemeinen lässt nicht daran zweifeln, dass die Spitze und Basis an den Früchten mit denselben Functionen ausgerüstet sind, welche wir an rein vegetativen Stengeln beobachtet haben.

Aus den eben erörterten Thatsachen folgt der Schluss, dass nicht nur alle vegetativen Theile der Pflanze im Stande sind, bei Isolirung den ganzen Organismus der eignen Art hervorzubringen, sondern dass dieselbe Fähigkeit auch Blüthentheilen zukommt. In unserem Falle ist es ein aus einem Stengelstück und den mit ihm verwachsenen Fruchtblättern bestehender Fruchtknoten, welcher sich durch Erzeugung von Wurzeln und Laubtrieben zu einer ganzen Lebenseinheit ergänzt. Dass auch andere Theile von Blüthen dieselbe Fähigkeit besitzen, unterliegt keinem Zweifel, und wird sich durch darauf gerichtete Versuche bestätigen.

Der Einfluss äusserer Bedingungen.

Im Vorstehenden haben wir eine der wichtigsten physiologischen Functionen der drei hauptsächlichsten pflanzlichen Gebilde, des Stammes, der Wurzel und des Blattes eingehend studirt. Es gelang uns dadurch, dass wir die Versuchs-Objecte in möglichst gleichförmigen Lebensbedingungen wachsen liessen, den erblichen Charakter jener Function darzuthun, und ihr Wesen selbst in voller Reinheit vor Augen zu führen. In dem nun folgenden Abschnitt wollen wir jene Function als etwas Gegebenes betrachten, und experimentell festzustellen suchen, inwieweit äussere Kräfte auf die Bildung von Organen einwirken, und ob sie jene Function selbst beeinflussen. — Nach meinen bisherigen Untersuchungen handelt es sich um die Wirkung folgender Factoren: des äusseren Contacts von flüssigem Wasser, von feuchter und trockener fester Substanz, eines erhöhten Wasserdruckes im Innern der Objecte, der Schwerkraft und des Lichtes.

A. Wirkung von Wasser-Contact.

Versuchen wir zunächst, uns die etwa mögliche Wirkung klar zu legen, welche durch eine locale oder allseitige Berührung der Objecte mit flüssigem Wasser hervorgerufen werden könnte.

Wenn wir zunächst ganz von dem Wasser absehen, das die Objecte zu ihrem Wachsthum gebrauchen, und das ihnen unter allen Umständen auf irgend eine Weise geboten werden muss, so haben wir verschiedene Punkte in's Auge zu fassen. — Lassen wir zuvörderst einen Zweig mit einem Ende, und zwar mit verschlossener unterer Schnittfläche in Wasser hinabhängen, beispielsweise bis zu einer Tiefe von 10 Ctm., so haben wir nach dem Eingangs Erwähnten zu bedenken, dass der im Wasser enthaltene

Sauerstoff durch den Verbrauch desselben seitens der im Wasser befindlichen Zweigtheile eine Abnahme erfährt. — Da die letztere an der Wasseroberfläche rascher ausgeglichen wird, als in den tieferen Regionen, so werden die lebendigen Zellen der Zweigtheile ihr Athmungsgeschäft um so leichter verrichten können, je näher sie der Wasseroberfläche liegen, und um so schwieriger, je weiter sie von derselben entfernt sind. Es wird dieser Umstand besonders dann in Betracht kommen, wenn viele Zweige in einen engen Wasserbehälter hinabreichen. — Diesem Uebelstande lässt sich nur dadurch begegnen, dass man das Wasser von unten herauf stets erneuert. Das Verfahren, vermittelst dessen dies leicht zu erreichen ist, wurde früher beschrieben.

Setzen wir nun den Fall, dass der Sauerstoffgehalt in allen unter verschiedenem Druck stehenden Wasserregionen stets annähernd gleichförmig sei, und die dem Absorbtions-Coefficienten des Sauerstoffs für Wasser entsprechende Höhe besitze. — Es ist klar, dass jetzt zwar die sämmtlichen äusseren Zellen am Zweige im Bereich des Wassers gleichmässig mit Sauerstoff versorgt sind, dass aber die Zufuhr desselben an den in Luft befindlichen Theilen ungleich ausgiebiger ist, als im Wasser. Ganz abgesehen von dem Widerstande, den das Wasser der Entziehung des Sauerstoffs seitens der Zellen wahrscheinlich entgegensetzt, ist die absolute Menge des Sauerstoffs im Wasser gegenüber der des freien in der Luft eine so geringe, dass die in letzterer befindlichen Zweigtheile in Bezug auf das Athmungsgeschäft vor den im Wasser gelegenen erheblich bevorzugt sind. —

Die vorstehenden Erörterungen gelten zunächst für den Fall, dass die untere Schnittfläche der Objecte verschlossen ist; sie treffen aber auch dann zu, wenn dieselbe offen ist, nur dass dann die Verhältnisse ungleich complicirter werden. Wie sich die Diffusionsverhältnisse des Sauerstoffs in dem Wasser gestalten, das von unten her in die Zweige eindringt, wie sich hier Verbrauch und Zufuhr regeln, darüber Vermuthungen anzustellen, würde völlig nutzlos sein.

Das bisher Gesagte bezog sich lediglich auf den im Wasser enthaltenen Sauerstoff; wir gehen nunmehr auf den Einfluss des Wassers selbst über. Auch hier haben wir wieder verschiedene Dinge zu unterscheiden. Nehmen wir zunächst einmal an, die blosse Wasserberührung der Oberfläche der Objecte habe einen

Einfluss auf das Entstehen der Neubildungen oder das Auswachsen von Anlagen. Es wird dann, wenn wir die Schnittfläche der Objecte schliessen, und diese verschieden tief in's Wasser tauchen, sich darum handeln, ob der verschiedene Druck, unter welchem dieselben in der Luft und den aufeinander folgenden Wasserschichten stehen, von Einfluss ist; und ganz besonders darum, ob die Cuticula glatter Zweige geringen Wassermengen den Durchgang gestattet, oder nicht. — Lassen wir die Objecte theilweis in Luft ragen, so wird der Gegensatz zwischen verdunstenden und nicht verdunstenden Oberflächen in Betracht zu ziehen sein.

Ist dagegen die untere Schnittfläche der Objecte offen, so werden die Verhältnisse noch ungleich verwickelter. Es treten dann zu den eben besprochenen äusseren Bedingungen noch diejenigen, welche durch den Wassereintritt in das Innere des Zweiges verursacht werden. Hier wird zunächst die Frage zu beantworten sein, ob das Wasser in den verschiedenen Regionen des Holzkörpers und der damit verbundenen Rinde unter verschiedenem Druck steht, und welcher Art der Einfluss des letzteren auf die hier besprochenen Erscheinungen sein dürfte. Befindet sich nur ein Theil der Objecte im Wasser, der andere dagegen in der Luft, so werden die Druckdifferenzen, unter welchen das Wasser im Zweige steht, noch grösser; ein Umstand, der noch erhöht wird durch die Verdunstung, welcher die in der Luft befindlichen Theile ausgesetzt sind.

Aus dem Angeführten, zu dem sich mit Leichtigkeit noch weitere Gesichtspunkte fügen liessen, geht zur Genüge hervor, mit welchen ausserordentlich verwickelten Erscheinungen wir es hier zu thun haben. Es kann sich selbstverständlich für uns nicht um die Lösung aller aufgeworfenen Fragen handeln, deren jede einzelne für sich eine Arbeit bilden würde. Wir werden uns begnügen, wenn es gelingt, einige der wesentlichsten und für uns wichtigsten Punkte zu erledigen.

Bevor wir zu dem experimentellen Theile übergehen, sei einiger literarischer Angaben gedacht.

Die älteste und auch wohl wichtigste Beobachtung rührt her von *Malpighi*. Er sagt[1]) von der Entstehung der Wurzeln an

[1]) *Malpighi*. Opera omnia. Londini, 1686. Tomus II. De radicibus plantarum. p. 56.

Weidenzweigen: „Mirabilior est Radicum exortus in ramo Salicis trium annorum; hic a trunco primo vere abscissus, et crassiori parte perpendiculariter in foveas aqua refertas, quasi plantatus, elegantes emittit Radices. In parte igitur humata nullas utplurimum promit Radices; sed in ea tantum portione, quae proxima est superficiei ambientis aquae."

Diese Beobachtung *Malpighi's* ist später von einigen Autoren, z. B. von *Senebier*[1]), wiederholt, von den meisten dagegen übersehen worden.

In neuerer Zeit ist dieser Gegenstand von *Boehm*[2]) behandelt worden. Derselbe knüpft dabei an ein bekanntes Experiment *Hanstein's*, das in ganz ähnlicher Form schon früher von *de Candolle*[3]) angestellt wurde. — Macht man einen Ringelschnitt eine kurze Strecke über dem basalen Ende eines Weidenzweiges, so kommen die meisten Wurzeln aus der Rindenpartie über dem Ringelschnitt, während das kleine unter dem Schnitt befindliche Stück keine oder nur wenige erzeugt. Die Versuche wurden von *Hanstein*[4]) derart angestellt, dass die Zweige entweder so weit in Wasser ragten, dass der Ringelschnitt nicht von demselben benetzt wurde; oder sie wurden mit der Basis in feuchten Sand gesteckt. In beiden Fällen ergab sich dasselbe Resultat. Mit Recht schrieb *Hanstein* diese Erscheinung dem geringen Quantum der in dem unteren Stücke vorhandenen plastischen Stoffe zu; eine andere Erklärung war, zumal bei der letztgenannten Versuchsart, wohl kaum zu finden. — *Boehm* dagegen glaubt, dass das Unterbleiben der Wurzelbildung an jenen Stücken auf den Mangel an Sauerstoff im Wasser zurückzuführen sei. Als Stütze für diese Ansicht wird die Thatsache angeführt, dass auch nur $^1/_2$ Zoll lange Zweige von S. fragilis, wenn sie mit dem unteren Ende

---

[1]) Ich erinnere mich auf das Bestimmteste, die betreffende Stelle in *Senebier's* „Physiologie végétale" gelesen zu lassen, kann aber den Ort nicht angeben.

[2]) *Boehm.* Physiologische Bedingungen der Bildung von Nebenwurzeln bei Stecklingen der Bruchweide. — Sitzungs-Berichte der Wiener Academie. Mathem.-naturwissensch. Classe. LVI. Bd. 1867. S. 729 ff.

[3]) *de Candolle.* I. Mémoire sur les lenticelles des arbres et le développement des racines qui en sortent. — Annales des Sciences natur. Tome VII. Paris 1826. p. 5 ff.

[4]) *Hanstein.* Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde und Folgerungen daraus. — Pringsheim's Jahrbücher, Bd. II. Berlin, 1860. S. 407 ff.

in Wasser gestellt werden, noch Wurzeln produciren; dass ferner solche Zweige, wenn sie in feuchter Luft gezogen werden, überall Wurzeln hervortreiben.

Die Einwürfe *Boehm's* treffen, wie schon aus dem Angeführten hervorgeht, die Darstellung *Hanstein's* nicht, trotzdem der Grundgedanke des ersteren richtig ist. *Hanstein*[1]) steckte seine Zweige in feuchten Sand oder bis zu geringer Tiefe in Wasser. In diesem Falle hat aber das geringe Quantum von freiem Sauerstoff im Wasser keinen oder nur einen sehr schwachen Einfluss auf die Wurzelbildung. Führt man dagegen die Zweige in tiefere Schichten von Wasser, dann treten die Erscheinungen ein, die *Boehm* im Auge hat.

Im weiteren Verlaufe seiner Darstellung führt *Boehm* eine Reihe von Versuchen an, die für uns von Bedeutung sind, und die deshalb kurz besprochen werden sollen.

Es wurden 2 Fuss lange Weidenzweige in der Mitte geringelt, und dann so tief in mit Wasser gefüllte Thoncylinder gestellt, dass die Ringelstelle sich noch im Wasser befand. In diesen Fällen unterblieb die Wurzelbildung unterhalb der Ringelungen vollständig, trotzdem die Holzzellen der Zweige reich mit Amylum versehen waren. Andere, nicht geringelte Zweige bildeten ihre Wurzeln in normaler Weise, d. h. besonders am unteren Ende. Hierbei erwies es sich als gleich, ob die Objecte beleuchtet waren, oder im Dunkeln standen.

Den Grund dieser Erscheinungen glaubt *Boehm*, wie erwähnt, auf den Mangel an freiem Sauerstoff im Wasser zurückführen zu müssen. War dieser Schluss richtig, dann mussten grüne Zweige, welche, in kohlensäurehaltiges Wasser getaucht und dem Lichte ausgesetzt, assimiliren, vermittelst des dabei erzeugten Sauerstoffs ihr Athmungsgeschäft unterhalten, und nun der Process der Wurzelbildung ungestört seinen Fortgang nehmen.

Das Experiment, welches, von dieser Voraussetzung ausgehend, angestellt wurde, entsprach der Erwartung. Es wurden wieder grüne Zweige geringelt, diesmal aber nicht in einen Thon-, sondern in einen Glascylinder gehängt, und dem Lichte ausgesetzt. Unter der Ringelung bildeten sich jetzt reichlich Wurzeln, während über derselben zunächst keine entstanden. Nach einigen Wochen änderte

[1]) l. c. S. 408.

sich jedoch die Sache; es hörte unten die Wurzelbildung auf, während sie oben begann. — Wurde dieser Versuch dahin abgeändert, dass die Cylinder mit schwarzem Papier umwickelt waren, so entstanden unter der Ringelung keine Wurzeln, wohl aber über derselben.

Die Zahl der gebildeten Wurzeln hängt unter sonst gleichen Umständen ab von der Zahl und Ueppigkeit der neu gebildeten Triebe. So ist z. B. die Wurzelbildung an im Dunkeln gezogenen Zweigen eine viel geringere, als an solchen, welche unter Lichteinfluss selbst in destillirtem Wasser gewachsen sind.

Nunmehr hängte *Boehm* Zweige ganz unter Wasser und setzte sie dem Sonnenlichte aus. Der Menge des vorhandenen Reserve-Materials entsprechend bildeten sich jetzt ebenfalls Wurzeln und Triebe. Es geschah dies aber nicht, wenn die Versuchsgläser mit schwarzem Papier umwickelt waren. Im Schatten eines hell erleuchteten Zimmers bildeten sich nur ganz kurze Würzelchen, die im Wachsthum bald stehen blieben. Die in der früher erwähnten Art geringelten Zweige erzeugten dagegen bei dieser Beleuchtung noch reichlich Wurzeln.

Weitere Versuche *Boehm's* bestanden in Folgendem. Es wurden Zweige in sehr kohlensäurehaltiges Wasser geführt. In diesem Falle bildeten sich normal Wurzeln und Triebe, allein dieselben starben noch vor Verbrauch des Reserve-Materials ab. — Ferner wurden Zweige mit ihrem unteren Theile in kohlensäurehaltiges Wasser geführt, auf welchem ausserdem noch eine Schicht freier Kohlensäure lagerte. Bei dieser Versuchsform producirten die Zweige nichts.

Schliesslich machte *Boehm* noch folgende Experimente. 27 Zweige wurden einzeln in Glasröhren eingeschlossen. 9 von diesen waren mit gewöhnlichem, 9 mit kohlensäurehaltigem und 9 mit destillirtem Wasser gefüllt. Von diesen wurden jedesmal 3 dem Sonnenlicht, 3 dem Hellschatten und 3 dem Dunkel ausgesetzt. An den Zweigen der im Dunklen und im Hellschatten befindlichen Röhren zeigte sich nicht die mindeste Neubildung. Ebenso verhielten sich die in kohlensäurehaltiges Wasser eingeschlossenen Zweige am Licht. An den beiden übrigen dem Licht ausgesetzten Zweigen dagegen entstanden bis 1 Zoll lange Wurzeln, und bisweilen ebenso lange Triebe.

Soweit *Boehm*.

Ich gehe nunmehr zur Darstellung meiner eigenen Versuche über.

Wir wollen mit einem einfachen Experiment beginnen. Hängt man einjährige oder auch jüngere Zweige von Salix viminalis oder anderen Arten im Glashafen auf, nur mit dem Unterschiede, dass der untere Theil 3—4 Ctm. tief mit offener Schnittfläche in eine Wasserschicht hinabreicht, und stellt die ganze Vorrichtung dunkel, so ist das Resultat im Wesentlichen dasselbe, welches in dem Falle erhalten wurde, in welchem die Zweige frei in der wasserdampfhaltigen Atmosphäre hingen. Die Wurzeln entstehen an der Basis und von derselben ausgehend nach der Spitze hin, gleichviel ob der Zweig aufrecht oder verkehrt hängt, und demnach die Basis sich in Wasser befindet oder in der feuchten Luft. Umgekehrt wachsen die Knospen an der Spitze aus, welcher Art auch das umgebende Medium sein mag. Auch hinsichtlich der Zeit des Auswachsens findet kein sichtbarer Unterschied statt; Wurzeln und Triebe kommen gleichschnell, mögen sie sich in Wasser oder in feuchter Luft befinden. — Nimmt man jüngere Zweige noch ohne oder mit nur ganz jungen Wurzelanlagen zum Versuch, so zeigen sich an den verkehrt hängenden manchmal ausser den basalen Wurzeln in der feuchten Luft keine weiteren; die in Wasser befindliche Spitze bleibt völlig frei von Wurzeln. In anderen Fällen entstehen an der letzteren vereinzelte kleine Wurzeln; doch lässt sich hierbei schwerlich sagen, ob die Wasserberührung die Ursache ihres Entstehens sei.

Das eben Angeführte gilt zunächst nur für die ersten Stadien der Wurzelentwickelung. Im Laufe des weiteren Wachsthums macht sich ein Unterschied geltend, der darin besteht, dass die in Wasser befindlichen Wurzeln rascher wachsen und zahlreichere Seitenwurzeln bilden, als die der feuchten Luft ausgesetzten. Später werden die letzteren häufig schon schwarz, und gehen zu Grunde, während jene noch lange frisch bleiben. — Die ersten der eben beschriebenen Versuche wurden im Sommer 1874 am 16. Juni angestellt, und zwar mit 6 Zweigen, die zur Hälfte aufrecht, zur Hälfte verkehrt, 4—6 Ctm. tief mit dem unteren Ende in's Wasser hinabhingen. Die Zweige gehörten einer mit glatter, grüner Rinde versehenen, nicht näher bestimmten Art des Bonner botanischen Gartens an. Am 13. Juli hatten alle Zweige ausschliesslich an ihren Basen Wurzeln getrieben, während Knospen nur an den Spitzen ausgewachsen waren. — Im Frühjahr 1875

und später wurden die Versuche mit Zweigen verschiedener Arten wiederholt. Die Resultate, waren der eben angegebenen Art; sie zeigten nur kleine Verschiedenheiten je nach der Wachsthumsweise der Species, welche zum Experiment verwendet wurden.

Stellt man die Versuche mit jungen, erst wenige Monate alten Zweigstücken an, so ist die Wurzelbildung meist ausschliesslich auf die Basis beschränkt, gleichviel, ob sie sich im Wasser oder in der Luft befindet. Nur selten wächst aus einer von Wasser umgebenen Spitze eine, und dann nur schwache Wurzel hervor.

Die Resultate der eben erörterten Versuche lehren, dass das innere Organisationsgesetz, nach welchem Knospen an der Spitze und Wurzeln an der Basis der Zweige gebildet werden, dadurch keine wesentliche Aenderung erfährt, dass die Basis oder Spitze mit offener Schnittfläche auf kurze Strecke in Wasser ragt; der Modus des Wachsthums bleibt dabei der Hauptsache nach unverändert.

Wir wollen nun dem eben beschriebenen Versuch eine geringe Modification ertheilen. Es werden im Frühjahr jährige Zweigstücke von S. viminalis wieder vertical aufgehängt, und mit dem unteren Ende auf kurze Strecke in Wasser getaucht; die unteren Schnittflächen sind wieder offen, der vom Wasser nicht berührte Theil der Zweige dagegen wird jetzt nicht der wasserdampfhaltigen Luft des Glashafens, sondern der trockenen des dunklen Zimmers ausgesetzt. Hängt der Zweig aufrecht, so gewahrt man im Bereich des Wassers sehr bald Wurzelbildung. An dem Theile des Zweiges, der sich über Wasser befindet, der aber in feuchter Luft noch Wurzeln produciren würde, beobachtet man jetzt keine auswachsenden Wurzeln, allein bei genauerer Betrachtung lässt sich an ihnen die Bildung kleiner Hügel in der Rinde verfolgen, welche genau die Orte einnehmen, die sonst von den Wurzeln besetzt sind. Wie die mikroskopische Untersuchung ergiebt, stellen diese Hügel Wurzelanlagen dar, welche die Rinde emporheben oder auch eben durchbrechen, dann aber aus Mangel an Wasser oder Wasserdampf im Wachsthum stehen bleiben. Hängt man solche Zweige in feuchte Luft, so wachsen aus den Hügeln in Kurzem Wurzeln hervor. — Aus dem eben Angeführten ergiebt sich, dass wir wohl zu unterscheiden haben zwischen den ersten Stadien des Anschwellens der in der Rinde vorhandenen, äusserlich nicht sichtbaren Wurzelanlagen, und dem weiteren Auswachsen

derselben. Das letztere ist an die äussere Berührung von Wasser geknüpft; das erstere folgt einem Gestaltungsgesetze, und ist nur insofern an die Gegenwart von Wasser gebunden, als dieses zu dem inneren Wachsthumsprocess nothwendig ist. — Am augenscheinlichsten wird dieses dann, wenn man die Zweige umgekehrt so hängen lässt, dass nur die Spitze in Wasser taucht, während der übrige Theil von trockner Luft umgeben ist. Sie bilden dann zunächst Wurzelanschwellungen nur am Basaltheil, die meisten unmittelbar an der basalen Schnittfläche; von da aus nimmt die Bildung der Hügel allmälig ab, und erreicht auf wechselnder Höhe ihr Ende. Im Bereich des Wassers an der Spitze werden manchmal kleine und schwache Wurzeln erzeugt; in anderen Fällen dagegen unterbleibt deren Bildung gänzlich. — Um ein Beispiel anzuführen, sei das Verhalten eines Zweiges genauer besprochen, der nebst anderen am 3. März 1876 verkehrt am Stativ aufgehängt wurde. Seine Länge betrug 36 Ctm., er führte 15 Knospen und reichte mit der Spitze nur wenige Millimeter in's Wasser hinab. Die Zahl der Wurzelanschwellungen, welche äusserlich sichtbar wurden, betrug 41. Sie waren am stärksten und durchbrachen theilweise die Rinde in der Nähe der Basis; auch waren sie hier am zahlreichsten, in der Umgebung einer Knospe fanden sich 3 bis 4. Von der Basis aus nahm die Zahl und im Ganzen auch die Stärke der Anschwellungen allmälig ab; in der Nähe der Apical-Knospen fanden sich keine mehr. Der Wasser-Contact an der Spitze hatte hier wie in vielen anderen Fällen keinerlei Einfluss auf das erste Ausbildungs-Stadium der vorhandenen Wurzelanlagen ausgeübt.

Ebensowenig wie auf die ersten Stadien der Wurzelausbildung übt der Wasser-Contact einen direct nachweisbaren Einfluss auf die erste Entwickelung der Knospen aus. Dieselben wachsen in den Versuchen der eben besprochenen Art normal an der Spitze aus, gleichviel ob diese von Luft oder Wasser umgeben ist. Doch ist hierbei eines Umstandes zu gedenken. Bei der eben beschriebenen Versuchsform, sowie auch bei den nächst folgenden, begegnet es nicht selten, dass solche Knospen an den Zweigen, welche gerade an, oder wenig über oder unter der Berührungsfläche von Wasser und Luft gelegen sind, ihre Hüllen durchbrechen, und, freilich meist nur auf kurze Strecke, auswachsen. — Ich glaube annehmen

zu dürfen, dass eine schon von *de Candolle* [1]) gemachte Beobachtung in diesem Sinne zu deuten ist, wenngleich sie möglicher Weise auf die verschiedene Dignität der Knospen, deren Bedeutung jener Autor nicht kannte, zurückzuführen wäre. — Die Ursache der fraglichen Erscheinung vermag ich nicht anzugeben.

Nimmt man anstatt der jährigen Zweige solche zum Versuch, welche nur wenige Monate alt sind, oder verwendet man Zweige einer Art, welche nur an der Basis Wurzeln bildet, so treten die Anschwellungen resp. Wurzeln gewöhnlich nur an der Basis auf. Nicht selten kommt es vor, dass solche verkehrt hängende Zweige Monate lang lebendig bleiben, und lange vergeilte Triebe, aber niemals im Wasser Wurzeln bilden.

Um die Frage nach der Wirkung des Wasser-Contactes noch weiter zu verfolgen, wurde dem Versuch eine etwas veränderte Gestalt gegeben. Es wurden nämlich (s. oben) weiche fest anschliessende Gummistopfen auf die Zweige geschoben, auf jene kürzere oder längere Glasröhren gesetzt, und diese mit Wasser gefüllt. Damit die Zweige zu ihren inneren Lebensverrichtungen stets reichlich mit Wasser versehen waren, wurden dieselben mit dem unteren Ende stets auf kurze Strecke in Wasser getaucht. In diesem Falle stand das Wasser, dessen Contact-Wirkung untersucht werden sollte, mit dem den Zweigen als Nahrung gebotenen nicht in Verbindung. Es handelte sich also bei dem ersteren lediglich um äussere Berührung. Derartige Versuche, in welchen die Röhren in sehr verschiedener Höhe angebracht waren, wurden zu verschiedenen Zeiten in grosser Zahl angestellt. Je nach den Species, welche dazu verwendet wurden, ergaben sie ein sehr wechselndes Resultat; jedoch stimmte dieses im Allgemeinen stets mit den Erfahrungen überein, welche sonst über das Verhalten derselben gewonnen waren. So wurden einjährige Zweige von S. viminalis von 50 Ctm. Länge mit 3 Glasröhren versehen, die je eine Länge von 10—12 Ctm. hatten, und diese mit Wasser gefüllt; das obere Ende der höchst angebrachten Röhren befand sich nur wenige Centimeter unter der Spitze der aufrecht hängenden Zweige. Das Resultat war, dass im Bereich jeder Röhre Wurzeln auswuchsen, jedoch so, dass die zahlreichsten, längsten und

[1]) *de Candolle.* l. c. S. 6.

stärksten im Bereich der unteren Röhre, die minder zahlreichen und schwächeren dagegen in dem der oberen vorhanden waren; die auf mittlerer Höhe stehenden Röhren nahmen auch in Bezug auf die Wurzelbildung eine mittlere Stellung ein. Ausser den ausgewachsenen Wurzeln im Wasser war noch eine Reihe der bekannten Wurzelhügel in den von Luft umgebenen Theilen der Zweige zwischen den Röhren erzeugt, deren Bildung auch hier ganz unabhängig vom äusseren Wasser-Contact erfolgte. Knospen wuchsen auch in diesen Fällen vorwiegend an den Spitzen aus. — Dass das Resultat der Hauptsache nach dasselbe bleibt, wenn man statt dreier nur zwei oder eine Röhre anwendet, braucht kaum erwähnt zu werden.

Nimmt man junge Zweige von S. viminalis oder ältere Zweige einer Art zum Versuch, die nach den früher gemachten Erfahrungen nur an der Basis Wurzeln erzeugt, so erhält man ein entsprechend abweichendes Ergebniss. Es bilden sich Wurzeln oder die erwähnten Anschwellungen nur an der Basis, während im Bereich des Wassers der an den übrigen Partieen der Zweige angebrachten Glasröhren keine oder nur ganz vereinzelte Wurzeln producirt werden Da solche aber auch unter Verhältnissen entstehen, in denen kein flüssiges Wasser die Zweigoberfläche berührt, so ist klar, dass kein genügender Grund vorliegt, die im ersteren Falle sich bildenden vereinzelten Wurzeln als Folge des äusseren Wasser-Contactes aufzufassen. Die Möglichkeit eines Einflusses des letzteren ist allerdings nicht ausgeschlossen; das aber lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass in den bisher angestellten Versuchsformen die äussere Berührung der Zweigoberfläche mit Wasser keinen irgendwie erheblich verändernden Einfluss auf den bekannten inneren Charakter der Zweige ausübt.

In den bis jetzt erörterten Versuchen war die Oberfläche der mit Wasser benetzten Zweigtheile beim Beginn derselben völlig unversehrt; sie blieb dies auch während der ganzen Dauer der Versuche, oder es entstanden in grösserer oder geringerer Anzahl Lenticellen, deren Bildung sich nicht unterdrücken liess. Ein directer Einfluss derselben auf den Verlauf der hier besprochenen Erscheinungen hat sich bisher nicht nachweisen lassen, und kann desshalb nicht in Rechnung gebracht werden. — Wir wollen nunmehr den Versuch dahin abändern, dass wir im Bereich einer auf beliebiger Höhe am Zweige befestigten Röhre an demselben

einen Ringelschnitt anbringen, und zwar derart, dass von der durch den letzteren erzeugten Spitze und Basis gleich lange Stücke von Wasser umgeben sind. Es erfolgt, was wir nach dem früher Erwähnten erwarten müssen. Ueber dem Schnitt ist eine Basis gebildet, und aus dieser gehen zahlreiche Wurzeln hervor; unter demselben, — den Zweig aufrecht gedacht, — eine Spitze erzeugt, welche keine Wurzeln führt. Natürlich erhält man auch hier ein verschiedenes Resultat je nach den Species, mit deren Zweigen experimentirt wird. Bei der einen Art entstehen an der Spitze gar keine Wurzeln; bei der anderen bilden sich solche, allein ihre Zahl und Stärke entspricht dem Ort, welchen sie an der Lebenseinheit einnehmen. — Es ist selbstverständlich, dass die eben beschriebenen Verhältnisse der Hauptsache nach dieselben bleiben, wenn man die Objecte umgekehrt hängen lässt. Ein solcher Fall ist auf Taf. I, Fig. 8, abgebildet. Im Bereich des Wassers sind hier Wurzeln nur an der Basis der unteren Lebenseinheit erzeugt; an der Spitze der oberen keine vorhanden. Wohl aber hat diese an ihrer in der Luft befindlichen Basis einige Wurzelanschwellungen, w, gebildet.

Die eben erörterten Versuche wurden vielfach mit Zweigen verschiedener Arten und zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt. Es wurden dazu nicht nur junge, nur wenige Monate alte, und einjährige, sondern auch mehrjährige, selbst 5 — 6 Jahre alte, mit einem Durchmesser von 15 — 16 Mm., verwendet; im Wesentlichen ergab sich immer dasselbe Resultat. Gewöhnlich wurde das Experiment so ausgeführt, dass, nachdem das Zweigstück mit Wasser getränkt war, die obere und untere Schnittfläche desselben mit Lack verschlossen, und dann nach Anbringung des Ringelschnitts der Kautschuckpfropfen und das Glasrohr aufgeschoben, und das letztere mit Wasser gefüllt wurde. Von dem Schnitt aus versah sich der Zweig in genügender Weise mit Wasser, und es konnte so das Ganze an jedem beliebigen Orte leicht aufgehängt werden.

Was die Knospen anbetrifft, so wachsen dieselben, vorausgesetzt dass sie am ganzen Objecte möglichst gleichförmig entwickelt sind, an der Spitze aus, gleichviel in welchem Medium sich diese befindet. Dass im Laufe der weiteren Entwickelung die von Luft umgebenen Triebe den im Wasser wachsenden gewöhnlich voraneilen, braucht kaum hinzugefügt zu werden. — Sind

an den älteren Zweigstücken die Knospen ungleichwerthig, so treten die Verhältnisse ein, welche früher beschrieben wurden. — Es sei hier gleich bemerkt, dass die zuletzt erörterten Experimente auch mit dem Unterschiede angestellt wurden, dass die Objecte das Tageslicht empfingen. Auch in diesem Falle sind die Resultate im Wesentlichen dieselben, doch tritt dann noch die Wirkung eines Faktors hinzu, dessen Einfluss erst später eine specielle Erörterung finden wird.

Es versteht sich von selbst, dass man im Bereich des Wassers anstatt eines vollständigen auch einen partiellen Ringelschnitt anbringen kann, den man am besten zugleich mit einem kleinen Einschnitt in das Holz verbindet, um die Wasserzufuhr zu erleichtern. Das Resultat entspricht dem, was früher über ähnlich behandelte, aber von einem anderen Medium umgebene Objecte gesagt wurde. Stets entstehen dann an der in der Luft befindlichen Basis die meisten Wurzelanschwellungen; ausserdem bilden sich gewöhnlich an der besonderen Basis im Wasser einzelne Wurzeln, die dann natürlich in dem günstigen Medium zu weiterer Entwickelung gelangen.

Allen zuletzt angestellten Versuchen war das gemeinsam, dass die äussere Berührung der Zweigstücke mit Wasser immer nur auf kürzerer Strecke stattfand, und dass relativ grosse Partieen der Zweigoberfläche von Luft umgeben waren. Dabei fand sich, dass die Erscheinungen, welche wir früher unter Anwendung gleichförmiger Medien genauer studirt haben, im Wesentlichen keine Veränderung erleiden, sondern, soweit es das Wichtigste, die Durchlaufung der ersten Entwickelungsstadien, anlangt, im Allgemeinen gleich bleiben. — Wir wollen nun sehen, wie das Wasser wirkt, wenn es auf weiterer Strecke den Zweig berührt, oder wenn der letztere vollständig von Wasser umgeben ist. Mit der Untersuchung des letzteren Falles soll begonnen werden.

Glascylinder von etwa 30 Ctm. Höhe und verschiedenem Durchmesser wurden ganz mit Wasser gefüllt, und dann die Zweigstücke senkrecht in dasselbe hinabgesenkt. Um sie von vornherein ganz unter Wasser und in senkrechte Lage zu bringen, wurden an ihrem unteren Theile kleine Gewichte befestigt, während um das obere Ende ein Faden geschlungen wurde, der von einem quer über den Cylinder gelegten Glasstabe herabhing. Auf diese Weise konnten je nach der Grösse der Cylinder 6 — 10 Zweig-

stücke in denselben untergebracht werden. Die Höhe der Wasserschicht über den oberen Zweigenden betrug 2—3 und mehr Centimeter. Die stete Erneuerung des Wassers geschah von unten herauf in der Art, wie sie Eingangs beschrieben worden ist.

Solche Versuche wurden zuerst im Sommer 1875 mit vorigjährigen Zweigen, welche eine dünne Korkschicht auf ihrer Oberfläche führten, angestellt, und die Objecte zunächst der Dunkelheit ausgesetzt. Nach 17tägigem Aufenthalt in derselben hatten die Zweige keinerlei sichtbare Neubildungen producirt. Nunmehr wurden die Cylinder dem Lichte ausgesetzt, und zwar in der unmittelbaren Nähe eines Fensters, das von etwa 11 Uhr Vormittags bis spät am Nachmittag vom directen Sonnenlicht getroffen wurde. Anfänglich assimilirten die Zweige trotz des sie umgebenden Korkes so lebhaft, dass sie einen mässigen Blasenstrom unterhielten; allein nach und nach erlosch diese Thätigkeit so weit, dass von einer Erzeugung von Blasen nichts mehr zu sehen war. Ausser einer Schaar von Lenticellen war auch jetzt an den Zweigen keinerlei Neubildung wahrzunehmen. Als der Versuch nach 5 Wochen beendigt wurde, waren die Zweige noch völlig gesund. Ich zog daraus den Schluss, dass den Zweigen in dem Wasser der Cylinder wohl ein genügendes Quantum Sauerstoff geboten war, um die zum Leben derselben nothwendige Athmung zu unterhalten; dass jenes Quantum aber nicht ausgereicht hatte zu der intensiveren Lebensthätigkeit, welche die Production grösserer Neubildungen mit sich bringt.

Mit den eben beschriebenen Versuchen wurde gleichzeitig ein anderer gemacht, in welchem die Zweige horizontal gelegt wurden. Dieselben waren horizontal auf ein Gerüst von Glasstäben gebunden, das in eine mit Wasser gefüllte grosse Glasschale gesenkt wurde. Die übrige Behandlung war wie im vorigen Versuch. Auch in diesem Falle erzeugten die Zweige ausser Lenticellen keine sichtbaren Neubildungen.

Damit wurden die Versuche vorläufig unterbrochen, um im Frühling und Sommer 1876 weiter fortgeführt zu werden.

Wenn der Schluss richtig war, dass Mangel an freiem Sauerstoff die Ursache des Unterbleibens von Neubildungen abgab, dann handelte es sich darum, wie man denselben reichlicher zuführte. Ich legte mir zunächst die Frage vor, ob nicht das Innere des Zweiges selbst eine genügend breite Strombahn für den

Sauerstoff darstellen möchte, und veränderte den früher beschriebenen Versuch dahin, dass ich die vertical hängenden Versuchszweige mit ihrem oberen Ende ganz wenig über den Wasserspiegel hervorragen liess. Dieser Versuch gelang, jedoch nicht ganz so, wie ich es anfänglich vermuthet hatte. Es wuchsen nämlich an den aufrecht hangenden, einjährigen, kräftigen Zweigstücken von Salix viminalis, die zunächst zum Experiment verwendet wurden, nicht die Wurzelanlagen von der Basis nach der Spitze hin aus, sondern es geschah das Umgekehrte. Zuerst bildeten sich die Anlagen aus, welche nicht weit von der Spitze der Zweige in der Nähe der Oberfläche des Wassers standen, und von da aus setzte sich dieser Process allmälig nach der Basis hin fort, um aber manchmal schon auf halber Länge der Zweige stehen zu bleiben. In einzelnen Fällen schwollen gleich anfangs die Anlagen an der Basis etwas an, wuchsen aber nicht aus. Dagegen bildeten sich an diesen Objecten die Knospen normal aus; die der Spitze gingen voran, und ihnen folgten tiefer stehende.

Der eben beschriebene Versuch wurde wiederholt, doch mit dem Unterschiede, dass die Zweige umgekehrt aufgehängt wurden, dass nicht die Spitze, sondern die Basis ganz wenig aus dem Wasser hervorsah. Nunmehr bildeten sich die Wurzelanlagen der Basis aus, und zwar so, dass wieder die längsten an und unmittelbar unter der Wasseroberfläche standen, und dass von da aus nach der Spitze hin die Länge der Wurzeln allmälig abnahm. — Die Knospen verhielten sich in diesem Falle verschieden. Bald wuchsen zunächst die apicalen etwas aus, um dann aber im Wachsthum stehen zu bleiben, während sich höher gelegene ausbildeten, und zwar am stärksten die nahe der Basis befindlichen; bald unterblieb die Ausbildung der apicalen Augen gänzlich, indessen sich die basalen oder solche, welche der Mitte des Zweiges nahe standen, entwickelten.

Und zwar war das Resultat der Versuche im Wesentlichen dasselbe, gleichviel ob dieselben dem Einfluss des Lichtes ausgesetzt waren, oder ob dieser ausgeschlossen wurde.

Durch dieses Verhalten der Zweige wurde der Schluss nahegelegt, dass das Quantum Sauerstoff, welches der Zweig mit dem freien Ende aufnehmen und in seinem Innern leiten konnte, in erster Linie zum Athmungs-Process aller lebendigen Zellen des Zweiges verwendet, der Ueberschuss dagegen zum Wachsthum

derjenigen Wurzel- und Sprossanlagen verbraucht wurde, welche der Zufuhrquelle am nächsten lagen; dass die letzteren zunächst möglichst viel von dem verfügbaren Sauerstoff an sich rafften, während die tiefer gelegenen Anlagen weniger und weniger erhielten, bis endlich die Menge desselben zum Wachsthum nicht mehr ausreichte. Inwieweit der in dem äusseren umgebenden Wasser vorhandene Sauerstoff zur Unterhaltung der Athmung der tiefer gelegenen Zweigpartieen mitwirkte, muss dahin gestellt bleiben. Sicher konnte sein Einfluss nicht von erheblicher Bedeutung sein, da das Wasser in diesem Versuche nicht stets von unten herauf erneuert, sondern nur soweit ergänzt wurde, als es durch Verdunstung an der Oberfläche und Bedarf der Zweige verbraucht wurde. — Auf diese Weise liess es sich verstehen, dass in den genannten Versuchen der eine Theil der inneren Kraft nicht zur Geltung kam; zugleich aber zeigte sich die Selbstständigkeit jeder einzelnen Anlage gegenüber der allgemeinen inneren Kraft, und das Zurücktreten der letzteren bei stärker einwirkenden äusseren Eingriffen.

Dass die innere Kraft aber auch in den dieser Versuchsform ausgesetzten Objecten noch vorhanden war, und nur den stärker wirkenden Einflüssen gegenüber nicht zur Geltung gelangte, geht aus folgenden Thatsachen hervor.

Erstens findet man schon unter den Zweigen der Salix viminalis einzelne Objecte, welche insofern eine Ausnahme von dem beschriebenen Verhalten machen, als sie bei aufrechter Stellung ihre Wurzeln nur oder fast nur an der Basis erzeugen; bei umgekehrter Lage ihre Knospen an der Spitze auswachsen lassen. Diese Ausnahmen werden zahlreicher, wenn man die Zweige mancher anderen Weidenarten verwendet. — In diesem Falle ist anzunehmen, dass die innere Kraft so stark ist, dass die äusseren störenden Momente ihren Einfluss nicht zu unterdrücken vermögen.

Zweitens lässt sich, wenn die Cylinder dem Tageslichte ausgesetzt werden, oftmals beobachten, dass Zweige, welche bei aufrechter Stellung anfänglich ihre längsten Wurzeln nahe der Wasseroberfläche gebildet haben, später, wenn an der Spitze längere Triebe erzeugt worden sind, an der Basis Wurzeln produciren, welche die höher stehenden nicht nur an Länge erreichen, sondern sogar häufig übertreffen. Offenbar wird durch die in der Luft befindlichen grünen Triebe die Sauerstoffzufuhr so reichlich, und der

gesammte Stoffwechsel in den Zweigen so lebhaft, dass nunmehr die störenden Einflüsse überwunden werden, und die innere Kraft noch nachträglich zur Geltung gelangt.

Drittens. Nimmt man zum Versuch junge, nur wenige Monate alte, aber kräftige Zweige von S. viminalis, so bilden diese, — vorausgesetzt, dass sie nicht, was manchmal geschieht, zu Grunde gehen, — bei aufrechter Stellung ihre Wurzeln zuerst und vorwiegend an der Basis, und bei umgekehrter Lage ihre Triebe vorwiegend an der Spitze. Nach dem, was früher über das Verhalten junger Zweige gesagt ist, lässt sich dies nicht wohl anders erwarten.

Endlich erhellt dieselbe Thatsache noch aus folgendem Versuche, der zugleich noch eine andere Bedeutung hat. Es handelte sich nämlich um die Beantwortung der Frage, welche Gewebeformen hauptsächlich den Sauerstoff zu den im Wasser befindlichen Partieen der Zweige leiten, die äusseren, Rinde und Weichbast, oder die inneren, Holz und Mark. Um diese Frage zu beantworten, wurden an den Objecten ein oder mehrere Ringelschnitte angebracht, und jene dann mit nahezu ihrer ganzen Länge in Wasser gehängt. Nur in seltenen Fällen enthielten sich die Stücke unter den Ringelschnitten im Wasser aller Neubildung. Gewöhnlich liessen sie Wurzeln und Knospen auswachsen, und zwar manchmal in überaus charakteristischer Weise. Einer dieser Fälle, in welchem der Zweig verkehrt hing, ist auf Taf. I, Fig. 9, abgebildet. Das Zweigstück, welches nur auf ganz kurze Strecke, etwa bis zur Umschlingungsstelle des Aufhängefadens, aus dem Wasser vorragte, war durch zwei Ringelschnitte in drei Einheiten zerlegt. Alle erzeugten Triebe und Wurzeln, allein die Productionen nahmen von oben nach unten an Stärke ab. Die obere Einheit producirte an ihrer in der Luft befindlichen Basis einige Wurzelanschwellungen, und dann unter der Wasseroberfläche verhältnissmässig lange Wurzeln. Drei Knospen bildeten sich zu Trieben aus, von denen der apicale den übrigen weit voraneilte. — Die mittlere Einheit erzeugte an ihrer Basis eine längere und weiter unten zwei kürzere Wurzeln; die apicale Knospe entwickelte sich zu einem schmalen längeren Triebe. — Aus der unteren Einheit endlich gingen an der Basis einige Wurzeln hervor, während die beiden Apicalaugen ganz wenig auswuchsen. — Alle Triebe zeigten energische negativ-geotropische Krümmung.

Der Zweig war nebst anderen während der ganzen Versuchsdauer dem vollen Tages- bez. Sonnenlicht ausgesetzt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die inneren Gewebepartieen allein im Stande sind, den Sauerstoff zu leiten. Wahrscheinlich ist es allein oder doch weitaus vorwiegend das Holz, welches diese Function erfüllt. Um den Beweis dafür direct zu liefern, hätten Zweige auf kurze Strecke ihres Holzkörpers beraubt, und dann mit den eben beschriebenen unter die gleichen Bedingungen gebracht werden müssen. Allein dieses Experiment habe ich nicht angestellt.

Es wurde bisher stillschweigend angenommen, dass es lediglich mangelhafte Zufuhr von Sauerstoff sei, welche die im vorstehenden besprochenen Erscheinungen hervorruft. So wahrscheinlich die Richtigkeit dieser Annahme auf Grund allgemein bekannter Untersuchungen auch war, so musste doch immer noch ein directer Beweis für dieselbe erbracht werden. Es wurde dieser in folgender Weise zu liefern versucht. Auf das eine Ende eines Zweigstückes wurde vermittelst eines durchbohrten Korkes ein kleines Glasgefäss geschoben (Fig. 13) und dieses mit Wasser soweit gefüllt, dass der Zweig in dasselbe hinabtauchte. Ausser der mittleren, für die Durchführung des Zweiges bestimmten Oeffnung war der Kork noch mit mehreren seitlichen Durchbohrungen versehen. Das so ausgerüstete Ende des Zweiges wurde in eine Flasche geführt, und vermittelst eines weichen aber fest anschliessenden Kautschuckpfropfens in dieser luftdicht befestigt, während das andere Zweigende frei nach oben in die Luft ragte. Auf dem Boden der Flasche befand sich eine Schicht von Pyrogallussäure und Kalilösung, welche die Luft in der Flasche und das Wasser in dem Gefäss an der Spitze des Zweiges ihres freien Sauerstoffs beraubte, und während der Dauer des Versuchs sauerstofffrei erhielt. So wurde es erreicht, dass ein Theil des Zweigstückes von gewöhnlicher atmosphärischer, der andere dagegen von sauerstofffreier Luft umgeben war. Es fragte sich nun, ob der erstere im Stande war, dem letzteren so viel Sauerstoff zuzuführen, dass auch an diesem die Wachsthumsvorgänge in normaler Weise sich abspielen konnten, oder ob das zugeführte Quantum dazu nicht ausreichte.

Gleichzeitig wurden Controlversuche nach zwei Richtungen angestellt. Erstens wurden kurze Zweigstücke ebenfalls an ihrer Spitze mit Wasser versorgt, aber nicht zur Hälfte, sondern vollständig in die sauerstofffreie Flasche geführt. Sodann wurden Zweige in ganz gleicher Weise wie im Hauptversuch mit ihrem einen Ende in mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft gefüllte Flaschen gesteckt, welche durch eine seitliche Oeffnung stets mit der äusseren Luft in Communication blieb, sodass also keinerlei erhebliche Differenzen zwischen dieser und der im Innern der Flaschen entstehen konnten.

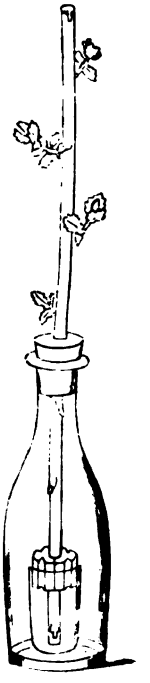


Fig. 13.

Die Weidenzweige wurden zunächst verkehrt eingesetzt, sodass die Spitzen sich in den Flaschen befanden. Es stellte sich heraus, dass im Bereich der letzteren keinerlei Wachsthum stattfand, dass dagegen die in der Luft befindlichen Knospen, und zwar zunächst die über dem Pfropfen stehenden, auswuchsen. An den in die Luft ragenden Basen bildeten sich einige kleine Wurzelanschwellungen.

Diejenigen Zweigstücke der gleichen Art, welche gleichzeitig in derselben Stellung in mit atmosphärischer Luft gefüllte Flaschen verkehrt gesteckt wurden, erzeugten, wie nicht anders zu erwarten war, in normaler Weise an ihren Spitzen Triebe.

Wurden die Zweige der ersteren Versuchsform nach Verlauf einiger Wochen aus der Flasche genommen, und in gewöhnliche atmosphärische Luft, mit der Basis in Wasser, gestellt, so bildeten sich an dieser die Wurzeln bald aus, während auch die Apicalknospen noch nachträglich auswuchsen. Das Gewebe der von Sauerstoff umgebenen Zweigtheile war demnach gesund und entwickelungsfähig geblieben. Diejenigen kurzen Zweigstücke dagegen, welche vollständig in die sauerstofffreie Luft der Flasche gesenkt wurden, waren, wie der Versuch lehrte, zu Grunde gegangen.

Nunmehr wurde der Versuch wiederholt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Zweigstücke nicht verkehrt, sondern aufrecht in die Flaschen gesteckt wurden. Wiederum fand im Bereich der letzteren kein Wachsthum statt; auch nicht die Spur einer Wurzelanschwellung war zu sehen. An der in der Luft befind-

lichen Spitze dagegen entwickelten sich die Knospen ganz normal. Nach Ablauf von 3 Wochen wurden die Objecte herausgenommen, mit der Basis in Wasser gestellt, und sonst der ganzen Länge nach der gewöhnlichen atmosphärischen Luft ausgesetzt. Schon nach wenigen Tagen wurden die ersten Wurzelanschwellungen sichtbar, die sich bald zu normalen kräftigen Wurzeln entwickelten.

Ganz ähnliche Resultate wurden erhalten, wenn der Versuch nicht mit Weiden, sondern mit Zweigen von Lycium barbarum angestellt wurde. Auch hier erfolgte im Bereich der sauerstofffreien Atmosphäre keinerlei sichtbare Neubildung; allein die betreffenden Theile der Zweige blieben lebendig und producirten, wenn sie später unter normale Verhältnisse gebracht wurden, die ihnen entsprechenden Neubildungen.

Aus den besprochenen Versuchen folgt, dass das Sauerstoffquantum, welches von den unter normalen Verhältnissen befindlichen oberen Theilen der Zweigstücke den von sauerstofffreier Luft umgebenen unteren Theilen zugeführt ward, wohl ausreicht, um die zur Erhaltung des Lebens nothwendige Athmung der letzteren zu unterhalten, dass sie aber nicht genügt zu der erhöhten Thätigkeit, welche mit dem Wachsthum verbunden ist.

Die eben erörterten Ergebnisse berechtigen zu der Annahme, dass es ausschliesslich oder jedenfalls in erster Linie die grössere oder geringere Sauerstoffzufuhr ist, welche die abweichenden Erscheinungen an den mit einem beträchtlicheren Theile ihrer Länge in Wasser getauchten Zweigen bedingt; und die zugleich das vollständige Misslingen der ganz unter Wasser und im Finstern ausgeführten Culturen verursacht. — Welcher Art aber die feineren Vorgänge bei den zuletzt besprochenen Versuchen sind, wurde nicht weiter verfolgt. Wir haben oben gesehen, dass Zweige, welche nur ganz wenig aus dem Wasser vorragen, auch noch in beträchtlicher Tiefe Neubildungen erzeugen, während dies nicht geschieht, wenn das untere Ende in eine Atmosphäre reicht, der aller oder nahezu aller Sauerstoff entzogen ist, selbst dann nicht, wenn der obere Theil schon mit grünen Trieben versehen ist. Worin die Ursache dieses Unterschiedes liegt, ist nicht ohne Weiteres erkennbar. In beiden Fällen wird den unteren Theilen der Objecte von oben her gleichviel Sauerstoff zugeführt; es kann demnach der Grund nur in dem sie umgebenden Medium gesucht werden. Man kann sich hierbei vorstellen, dass in dem

Falle, in welchem das letztere aus Wasser besteht, dieses auch in seinen tieferen Regionen immer noch so viel Sauerstoff aus der Luft empfängt, um den an der Oberfläche der Zweige verbrauchten immer neu, wenn auch langsam und spärlich, zu ersetzen, und dadurch eine raschere Thätigkeit der Zweige zu ermöglichen. Dann würde die Thätigkeit des durch den Zweig selbst zugeführten Sauerstoffs durch die des äusserlich vom Wasser dargebotenen unterstützt; der erstere wäre vielleicht allein nicht ausreichend. Dazu würde noch kommen, dass, wenn die Versuche dem Licht ausgesetzt sind, die Zweigstücke die im Wasser enthaltene Kohlensäure zersetzen, und sich den dabei freiwerdenden Sauerstoff zu Nutze machen. — Oder wir können uns vorstellen, dass der durch die in der Luft befindlichen Zweigtheile zugeführte Sauerstoff zum Wachsthum der unteren Theile genügt, dass aber in dem Versuch, in welchem die letzteren von sauerstofffreier Luft umgeben sind, stets ein, wenn auch nur sehr schwacher, Diffusionsstrom von Sauerstoff durch die Epidermis nach dem umgebenden Medium stattfindet; ein Strom, der dann durch die beständige Absorbtion des Sauerstoffs von der Mischung auf dem Boden der Gefässe bis an's Ende des Versuchs unterhalten würde. Es würde in diesem Falle der untere Zweigtheil von dem zugeführten Sauerstoff soviel verbrauchen, als zur Erhaltung seiner sämmtlichen lebendigen Zellelemente erforderlich ist, der Ueberschuss dagegen von der umgebenden Atmosphäre absorbirt werden. Der Complex von Kräften, welcher die Entstehung von Neubildungen ermöglicht, würde demnach in Bezug auf die Anziehung des Sauerstoffs schwächer sein, als die umgebende sauerstofffreie Luft, und desshalb die Erzeugung von Neubildungen unterbleiben. — Dass der blosse Wasser-Contact dabei nicht oder jedenfalls nur sehr wenig in Betracht kommt, folgt schon aus unseren früheren Untersuchungen; ferner aber aus dem Umstande, dass ja bei der einen Ausführungsart unseres Versuches die Basis der Objecte direct mit Wasser umgeben war, und doch keine Wurzeln entstanden. Es kann also nur in dem reichlicheren oder geringeren Vorhandensein von Sauerstoff die Ursache der Erzeugung oder Nichterzeugung von Neubildungen gesucht werden. Welche der vorhin angedeuteten Möglichkeiten aber wirklich statt hat, wurde nicht weiter verfolgt, da die Beantwortung dieser Fragen unserem nächsten Zweck fern lag.

Wir kehren noch einmal zu unseren Wasserculturen zurück. Es wurde oben ein Versuch beschrieben, in welchem die Zweige ganz unter Wasser und im Dunklen gehalten wurden. Als nach längerer Zeit keinerlei Neubildungen aufgetreten waren, wurden die Objecte dem vollen Tageslichte ausgesetzt; allein es geschah auch jetzt trotz anfänglich lebhafter Assimilation keine Production von Neubildungen. Da die Zweige sich nach Beendigung des Versuchs als ganz gesund erwiesen, so konnte die Ursache dieser Erscheinung nicht in einer krankhaften Veränderung gesucht werden, die möglicher Weise im Finstern mit den Zweigen hätte vor sich gehen können.

Seit *Saussure's* [1]) berühmten Versuchen ist bekannt, dass manche grüne Pflanzen, die mit einer von allem Sauerstoff freien Atmosphäre von Stickstoff umgeben werden, sich unter dem Einfluss des Lichtes am Leben erhalten. Es zersetzen dieselben eine Quantität von aus ihrer eigenen Substanz erzeugter Kohlensäure; ein Process, bei welchem Sauerstoff frei wird, der nun zur Unterhaltung der Athmung dient. — Dieses in Erwägung gezogen, liess sich annehmen, dass der vom Wasser gebotene Sauerstoff nicht genügte, um die Erzeugung von Neubildungen zu ermöglichen, und die Zweige auf die Zersetzung der ebenfalls im Wasser schon enthaltenen, oder möglicher Weise aus ihrer eigenen Substanz erzeugten Kohlensäure angewiesen waren. Da diese Zersetzung aber wegen der die Zweige umhüllenden, den Lichteinfluss hemmenden Korkschicht nicht in ausreichender Weise vor sich gehen konnte, so unterblieb das Wachsthum. Sollte demnach der Versuch gelingen, so musste dieses Hinderniss beseitigt werden. Dies aber war leicht dadurch zu erreichen, dass junge, mit noch freudig grüner Rinde versehene Zweige zum Versuche verwendet wurden Ein derartiges Experiment wurde angestellt, und zwar mit wenige Monate alten, intensiv grünen Zweigstücken von Salix pruinosa und viminalis, die in gewohnter Art vertical aufrecht und verkehrt in mit Wasser gefüllte Glascylinder gehängt, und mit diesen dem vollen Tageslicht ausgesetzt wurden. — Gleichzeitig wurden noch einmal ältere, schon mit einer Korkschicht versehene Zweige unter dieselben Bedingungen gebracht.

[1]) *T. de Saussure.* Recherches chimiques sur la Végétation. Paris, 1804, p. 197 ff. Vergl. auch: *Sachs.* Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig, 1865. S. 266.

Das Resultat der Versuche rechtfertigte die Erwartungen. Die mit Kork überzogenen älteren Zweigstücke bildeten auch jetzt weder Wurzeln noch Sprosse. Die jungen, grünen Zweige dagegen liessen, wenn auch erst nach Verlauf von längerer Zeit, an ihrer Spitze kurze Triebe auswachsen, denen später kleine Wurzeln an der Basis nachfolgten. Die beiderlei Bildungen blieben stets nur klein und unbedeutend, so lange sie mit dem Mutterzweige ganz unter Wasser gehalten wurden, erreichten dagegen bald grösseren Umfang, wenn an den aufrecht hängenden Objecten einer der jungen Triebe über die Wasseroberfläche gelangte, und dadurch eine ausgiebigere Sauerstoffzufuhr und rascheren Stoffwechsel ermöglichte. Der wichtigste Umstand in diesem Versuch besteht darin, dass jetzt, wo die Zweigstücke ganz in Wasser getaucht waren, Triebe und Wurzeln hinsichtlich des Ortes ihrer Entstehung wieder die bekannte Regel befolgten; dass die ersteren an der Spitze, die letzteren an der Basis erzeugt wurden.

Ueber weitere Versuche in Bezug auf die Wirkung des Wasser-Contactes soll, da sie bis jetzt nicht zu einem abschliessenden Resultat geführt haben, hier nicht berichtet werden.

Wie schon oben hervorgehoben, konnte es sich hier nicht darum handeln, das hochverwickelte Problem des Einflusses der unmittelbaren Berührung mit flüssigem Wasser auf das Entstehen von Neubildungen an vorhandenen Objecten in allgemeinerer Form zu lösen. Dies würde nur möglich sein auf Grund von umfassenden Untersuchungen, zu deren vielleicht zur Zeit schon möglichen Ausführung selbst noch eine Reihe von Vorarbeiten fehlt. — Für uns handelte es sich der Hauptsache nach nur um einen Punkt, nämlich darum, ob und inwieweit die äussere Berührung mit flüssigem Wasser die anderweitig erkannte innere erbliche Eigenschaft der Zweige zu beeinflussen im Stande ist. Nur hierauf bezieht sich das oben Gegebene. — Um die Frage allgemein zu lösen, würde jedenfalls mit anderen, einfacheren Gebilden zu beginnen sein. Man würde dazu, wenn möglich, einzellige Objecte oder solche wählen müssen, bei denen das Wasser direct mit dem Orte der Entstehung der Neubildungen in Berührung tritt; ferner junge, wachsende vielzellige Gebilde, und nicht solche, deren äussere Gewebe schon fest geworden, und bei denen der Heerd der Neubildungen tief unter der Rinde verborgen liegt. — Es

würden ferner noch andere Wachsthums-Erscheinungen, so besonders die eigenthümlichen Anschwellungen, welche *Sachs* [1]) an wachsenden Wurzelspitzen als Folge momentaner Benetzungen beobachtete, in Betracht zu ziehen sein. Vielleicht bilden gerade diese einen geeigneten Ausgangspunkt.

Das, was sich in Bezug auf die uns gestellte Aufgabe ergeben, wollen wir kurz zusammenfassen.

Zunächst ist ein gewisses Quantum Wasser nöthig zum molecularen Aufbau der Neubildungen und zur Erhaltung des Stoffwechsels in den vorhandenen fertigen Theilen. Ist dieses Wasser geboten, dann geschieht die Anlage, resp. Entwickelung von Neubildungen in erster Linie nach inneren Gesetzen; der morphologische Ort der Neubildungen wird vorwiegend bestimmt durch diese, gleichviel ob der Zweig sich in Wasser, feuchter oder trockener Luft befindet. — Konnte auch nicht festgestellt werden, dass die äussere Berührung der Objecte mit flüssigem Wasser gänzlich wirkungslos auf die Anlage von Neubildungen ist, so folgt doch soviel mit Sicherheit, dass er gegenüber den inneren Einflüssen durchaus in den Hintergrund tritt.

Wohl aber hat die äussere Gegenwart von Wasser Einfluss auf die weitere Ausbildung der Wurzeln unserer Zweige. In trockener Luft durchbrechen die Wurzelanlagen höchstens die Rinde, gelangen aber nicht zu weiterer Entwickelung, während sie in Wasser oder wasserdampfhaltiger Luft zu der ihrer Art und ihrem morphologischen Ort an dem Object entsprechenden Länge auswachsen. Auch für die ersten Stadien der Entwickelung der Knospen erweist sich das umgebende Medium als ziemlich einflusslos, während die weitere Ausbildung derselben an den hier behandelten Objecten in der Luft rascher von statten geht, als im Wasser.

Von erheblichem Einfluss auf das Auswachsen von Knospen und Wurzeln an den Weidenzweigen ist das tiefere Eintauchen derselben in Wasser, wenn sie dabei theilweise der Luft ausgesetzt bleiben. Allein dieser Einfluss beruht nicht auf dem Wasser als solchem, sondern auf dem darin enthaltenen Sauerstoff. Die Zufuhr des letzteren zu den im Wasser befindlichen Partieen geschieht hauptsächlich durch den Zweig selbst. Sie ist anfäng-

---

[1]) *Sachs.* Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. I. Bd. Leipzig, 1874. S. 411.

lich am reichlichsten in der Nähe der Wasseroberfläche, — daher das Voraneilen im Wachsthum der dort gelegenen Wurzel-, bez. Sprossanlagen, — und nimmt mit der Tiefe des Wassers allmälig ab, — daher die allmälige Abnahme der Länge der Productionen. Werden aber während des Versuchs Triebe über Wasser gebildet, dann tritt gewöhnlich die innere Kraft noch nachträglich in Wirkung, und es bilden sich nun noch Wurzeln, bez. Sprosse an den bekannten morphologischen Orten.

B. Wirkung von Wasser unter erhöhtem Druck.

Durch die Versuche von *Boehm* [1]) und *Sachs* [2]) ist bekannt, dass Zweige, in welche unter künstlichem Druck Wasser gepresst wird, unter sonst gleichen Verhältnissen ihre Knospen rascher entwickeln, als solche, denen das Wasser ohne Druck geboten wird. — Es wurde dadurch die Frage nahegelegt, ob nicht auch der Ort des Auswachsens von Anlagen durch in geeigneter Weise in die Objecte gepresstes Wasser beeinflusst werden könnte.

Die darauf bezüglichen. Versuche wurden zunächst so angestellt, dass der auf dem im Zweige enthaltenen Wasser lastende Druck nur ein sehr geringer war. Die basale Querschnittfläche der Zweigstücke wurde mit Lack verschlossen, und dann nahe unter der oberen Schnittfläche in bekannter Art ein längeres oder kürzeres Rohr aufgesetzt, das mit Wasser gefüllt wurde. Es stand sonach das Wasser im Zweige unter einem Druck, der durch die Höhe der Wassersäule über der oberen Querschnittsfläche des Zweiges bestimmt ward. Derartige Versuche wurden zu verschiedenen Zeiten und in beträchtlicher Zahl angestellt, und theils dem Licht, theils der Finsterniss ausgesetzt. Es ergab sich, dass unter den selbstverständlich mit möglichst gleichwerthigen Knospen besetzten Zweigen eine freilich sehr wechselnde Anzahl ihre Augen nicht bloss an der Spitze, sondern auch in tiefer gelegenen Regionen, manchmal nahe der Basis auswachsen liessen (Taf. I, Fig. 10). Bald ergab eine Versuchsreihe mehrere solcher abweichenden Objecte, bald waren dieselben nur in geringerer Zahl vorhanden.

---

[1]) *Boehm*. Ueber die Ursache des Saftsteigens in den Pflanzen. — Sitzber. der Wiener Akademie. Mathem.-naturw. Classe XLVIII. 1. Abth. Jahrg. 1863. S. 11.

[2]) *Sachs*. Handbuch der Experimental-Physiologie. Leipzig, 1865. S. 242.

Doch nöthigte mich die relative Häufigkeit derselben, anzunehmen, dass in dem erhöhten Druck, unter dem das Wasser in den Zweigen stand, wahrscheinlich ihre Ursache zu suchen sei.

Es wurde nun zunächst versucht, festzustellen, ob nicht unter höherem Druck die Erscheinung noch auffallender werde, und vielleicht regelmässiger auftrete. Zu dem Ende wurden die Zweige, da der Lack keinen genügenden Widerstand bot, an der Basis mit einer Kautschuckmütze versehen, und dann das Wasser in ihnen vermittelst eines ihrer Spitze aufgesetzten doppelt gebogenen Rohres unter einen Quecksilberdruck von $^1/_3$—$^1/_2$ Atmosphäre gesetzt. — Allein das sich ergebende Resultat wich von dem früher erhaltenen nicht ab; bald wuchsen Knospen entfernt von der Basis aus, bald geschah dies nicht.

Zur Erklärung der fraglichen Erscheinungen habe ich verschiedene Bemühungen und Versuche angestellt; doch haben dieselben noch nicht zu einem derartigen Abschluss geführt, um hier mitgetheilt werden zu können. — Es wird sich hier in erster Linie um die Beantwortung der Frage handeln, wie die Druckverhältnisse des Wassers im Zweige sich gestalten; ob der Wasserdruck in den angeführten Versuchsformen im Zweige von oben nach unten steigt, und welchen nächsten Effect dieser Druck weiter hat. Diese Fragen sind aber noch nicht beantwortet.

C. Wirkung der Berührung mit einem festen Körper.

Um den etwa möglichen Einfluss der Berührung der Zweige mit einem festen, trockenen Körper auf die Anlage von Wurzeln zu ermitteln, wurde folgender Versuch angestellt. In der Mitte und unter der Spitze der Zweige von Salix viminalis wurden in gewohnter Art Glasröhren angebracht, die ebenso wie die Zweigoberfläche und die Kautschuckpfropfen sorgfältig getrocknet waren. Die Röhren wurden dann mit einem feinen Sand angefüllt, der stundenlang in einem Trockenofen einer Temperatur von mehr als 130° C. ausgesetzt gewesen war. Das nöthige Wasser wurde den Zweigstücken durch die untere Schnittfläche geboten und die ganze Vorrichtung vom Lichteinfluss ausgeschlossen. — Als nach mehrwöchentlicher Dauer der Versuch beendigt wurde, ergab sich, dass innerhalb des Bereiches, in welchem die Zweige mit dem Sande berührt wurden, zwar die bekannten Wurzelhügel entstanden

waren, allein nur an denjenigen Orten und in derjenigen Zahl, an welchen und in der sie auch unter anderen Verhältnissen an diesen Objecten beobachtet werden; eine Abweichung von den normalen Verhältnissen war in keinem Falle sichtbar. Dagegen fand sich die auffallende Erscheinung, dass von den Wurzelanlagen einige nicht nur die Rinde durchbrochen hatten, sondern selbst bis zu einer Länge von 3 Mm. in den Sand hineingewachsen waren. Als dieser entfernt wurde, blieben einzelne Körner an den kurzen Wurzeln hängen.

Es liegt auf der Hand, dass dieser Versuch nicht einwurfsfrei ist, und das erhaltene Resultat nur einen bedingten Werth hat. — Gehen wir von der, wie anzunehmen ist, richtigen Voraussetzung aus, dass aus dem angewendeten Sande alles darin enthaltene Wasser vertrieben, dass der Pfropfen und die Glasröhre von allem etwa anhaftenden Wasser befreit, und dass ferner das betreffende Stück der Zweigoberfläche möglichst trocken gewesen sei: so ist doch soviel klar, dass diese Verhältnisse nicht bis an's Ende des Versuchs dieselben bleiben werden. Abgesehen von den geringen Quantitäten von Wasserdampf, welche die Sandoberfläche aus der Luft aufnehmen kann, wird die Zweigoberfläche stets, wenn auch vielleicht nur schwach, verdunsten, und somit geringe Quantitäten von Wasser an den umhüllenden Sand abgeben. Diese aber könnten von Einfluss sein, und die Reinheit des Resultates trüben. Nach dem, was oben aber über die Wirkung des Wassers im Allgemeinen gefunden ist, dürfen wir wohl annehmen, dass der etwa mögliche Einfluss desselben jedenfalls so gering sein muss, dass er vernachlässigt werden darf, und dass, wenn sich Veränderungen gezeigt hätten, diese jedenfalls auf den festen Körper zurückzuführen wären. — Da nun aber keinerlei sichtbare Veränderungen eingetreten sind, so dürfen wir schliessen, dass die äussere Berührung der Zweige mit trocknem Sande keinen irgendwie erheblichen Einfluss auf die Entstehung von Neubildungen an denselben hat.

Was dagegen das Auswachsen der Wurzeln in den Sand betrifft, so wird dieses wohl auf die geringen Mengen von Wasser zurückzuführen sein, welche von dem Zweige selbst ausgeschieden werden. Doch wird der directe Nachweis nicht leicht zu führen sein, da die in die Augen springenden Fehlerquellen schwer zu vermeiden sein dürften.

D. Einfluss des Lichtes.

Nicht selten begegnet man in älteren botanischen und gärtnerischen Schriften der Angabe, dass Dunkelheit die Bildung von Wurzeln an den Pflanzen begünstige.

Schon *de Candolle*[1]) hat im Anschluss an die Beobachtung, dass an seinen in Wasser gesetzten Weidenzweigen mehr Wurzeln auf der Schatten-, als auf der Lichtseite entstanden, die Frage nach dem Einfluss des Lichtes aufgeworfen, und durch Experimente zu lösen versucht. Er setzte möglichst gleichstarke Zweige derselben Weidenart in mit Wasser gefüllte Flaschen, deren eine dem vollen Tageslichte ausgesetzt, die andere dagegen mit schwarzem Papier umwickelt wurde. Es stellte sich heraus, dass im letzteren Falle die Zweige im Allgemeinen ihre Wurzeln rascher und kräftiger hervortrieben, als im ersteren. Doch war der Unterschied der Zweige, welche in der bezeichneten Art verschieden behandelt waren, nicht immer gleich; während er im einen Falle eine sehr beträchtliche Höhe erreichte, war er im andern nur gering. — Aus diesen Versuchen schloss *de Candolle*, dass Dunkelheit die Erzeugung von Wurzeln begünstige.

An einem anderen Orte[2]) macht derselbe Autor die Bemerkung, dass Dunkelheit im Allgemeinen der Bildung von Wurzeln günstig zu sein scheine; doch geschehe dies vielleicht nur indirect, indem sie mit Mitteln verbunden sei, welche Feuchtigkeit mit sich führen.

Ganz allgemein ist die Frage nach der Einwirkung des Lichtes auf Neubildungen von *Sachs*[3]) behandelt worden. Gestützt auf vergleichende Beobachtung und experimentelle Untersuchung kommt er zu dem Schluss, dass Neubildungen im Allgemeinen im Finstern vor sich gehen, dass diese Regel aber mannigfache Ausnahmen erleide. — Eine weitere, jene ersten Angaben bestätigende Behandlung hat dasselbe Problem in späteren Schriften[4])

---

[1]) *de Candolle.* I Mémoire sur les lenticelles des arbres etc. Annales des Sciences natur. Tome VII. Paris, 1826, p. 12 u. 13.

[2]) *de Candolle.* Physiologie végétale. Tome II. Paris, 1832, p. 676.

[3]) *Sachs.* Ueber den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane. Botanische Zeitung 1863. Beilage.

[4]) *Sachs.* Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig, 1865. S. 30 ff. — *Sachs.* Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. Leipzig, 1874.

desselben Autors gefunden. Auf die allgemeine Erörterung dieses Gegenstandes ist hier nicht einzugehen. Es handelt sich für uns um eine bestimmte Gruppe von Erscheinungen, welche sich selbstverständlich in den Rahmen des allgemeinen Gesetzes fügen müssen, die aber, soweit es die experimentelle Behandlung betrifft, zunächst von ihm unabhängig sind.

Von unserm speciellen Standpunkte aus sind nun besonders folgende Angaben [1]) von *Sachs* wichtig. An etiolirten Keimpflanzen von Phaseolus, Vicia Faba, an Knollentrieben von Helianthus, kommen hoch über der Erde zahlreiche Adventiv-Wurzeln vor, während sie an den im Licht erzogenen Pflanzen nur soweit auftreten, als die Triebe mit Erde bedeckt sind. — Nach dem, was wir früher über die Wurzelbildung an Weidenzweigen gesagt haben, wäre es nicht unmöglich, dass die Anlagen zu diesen Wurzeln auch im Licht stattfinden, dass sie aber unter dem Einfluss desselben nicht zur Ausbildung gelangen. — Von besonderer Bedeutung sind die Versuche mit Cactus speciosus. Wurde ein bis dahin im Licht gehaltenes Exemplar dieser Pflanze in's Dunkle gestellt, so bildeten sich neue Triebe, welche unter ihrer Spitze Adventiv-Wurzeln erzeugten. Nachdem die Pflanze in's Tageslicht zurückgebracht war, gingen diese Wurzeln zu Grunde; es wurden neue, blattartige, grüne Triebe unter dem Lichteinfluss erzeugt, welche, als die Pflanze von Neuem der Finsterniss ausgesetzt wurde, unter ihren Spitzen wieder Adventiv-Wurzeln producirten. Noch weiteres Experimentiren mit derselben Pflanze ergab dasselbe Resultat. Nach eingehender Erörterung folgert *Sachs*, dass diese Erscheinungen nicht etwa auf erhöhter Luftfeuchtigkeit im dunklen Raume, sondern jedenfalls auf Lichtmangel zurückzuführen seien.

Während in diesem Falle das Tageslicht im Stande ist, die Wurzelbildung an oberirdischen Stammtheilen zu verhindern, hat es dagegen keinen so mächtigen Einfluss, wenn man es auf normal unterirdische Organe einwirken lässt, denen die Neigung, Wurzeln zu bilden, in höherem Grade vererbt ist. Es lehren dies die Culturen in Nährstofflösungen, bei welchen zwar die die

S 723. — Bezüglich allgemeiner Erörterungen über den Einfluss des Lichtes auf Formbildung vergl. man: *Hofmeister*. Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868. S. 625 ff.

[1]) Botan. Zeitung 1863. Beilage, S. 6.

letzteren enthaltenden Gläser mit schwarzem Papier umwickelt, jedoch niemals völlig gegen Lichteinfluss geschützt waren. In ihnen bildeten sich zahlreiche Nebenwurzeln. Ein Rhizom von Cicuta virosa entwickelte zahlreiche Wurzeln auch unter dem Einfluss des intensivsten Lichtes.

In naher Beziehung zu unserem Gegenstande stehen vielleicht auch die Untersuchungen von *Wigand*[1]) an Farn-Prothallien. Dieselben richten sich stets so, dass die vordere Einbuchtung vom Licht abgewendet wird. An dieser vom Licht abgewendeten Seite entspringen die Wurzelhaare, und später Archegonien und Antheridien. Ob bei diesem Vorgang aber das Licht den einzig massgebenden Factor darstellt, ist nicht nachgewiesen. *Wigand* selbst ist nicht dieser Ansicht.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung meiner eigenen Experimente über, mit dem Bemerken, dass dieselben sich fast ausschliesslich auf den Einfluss des Lichtes auf Wurzelbildung an Zweigen beziehen.

a. Versuche mit Lepismium radicans.

Diese Pflanze hat desshalb für uns eine besondere Bedeutung, weil sie an ihren Stengeln Adventiv-Wurzeln erzeugt, welche direct in die trockene Luft auswachsen; der etwa mögliche Einfluss von äusserer Feuchtigkeit kann daher eliminirt werden. Sie bietet ferner den grossen Vortheil dar, dass die Theile, an denen die Wurzeln entstehen, sich unter den Augen des Beobachters selbst erst bilden. Wir haben es daher in unserer Gewalt, auf die entstehenden Stengeltheile selbst das äussere Agens einwirken zu lassen; schon beim Beginn des Experimentes möglicher Weise vorhandene Anlagen, die die Reinheit des Resultates trüben könnten, sind hier also ausgeschlossen.

An jungen Trieben, welche horizontal über der Erde hinwachsen, sieht man die Wurzeln nur auf der Unterseite entstehen; an solchen, die eine aufrechte oder geneigte Lage haben, bilden sie sich auf der am schwächsten beleuchteten Seite. Aus diesen Thatsachen hatte ich den Schluss gezogen, dass das Licht irgend welchen Einfluss bei der Entstehung der Wurzeln habe, und diese Vermuthung wurde durch die Untersuchung vollkommen bestätigt.

Zunächst wurden zweiflüglige wachsende Sprosse vertical auf-

[1]) *Wigand.* Botanische Untersuchungen. Braunschweig 1854. S. 35.

recht an Stäbe gebunden, und die Töpfe in die Nähe eines Südwestfensters so gestellt, dass die eine der beiden breiten Flächen dem Licht zu-, die andere ihm abgewandt war. Die Triebe befanden sich nahezu völlig frei in der Luft. Die Befestigung an den Stäben war so hergestellt, dass eine Berührung mit den letzteren nicht stattfinden konnte. Es wurde der Versuch bald so gemacht, dass das directe Sonnenlicht auf die Zweige fiel; bald so, dass diese nur vom diffusen Tageslicht getroffen wurden. Die Spitzen der Triebe wuchsen nun, und krümmten sich im ersteren Falle gar nicht oder nur sehr wenig, im letzteren Falle stärker, positiv heliotropisch dem Lichte zu. Unter den wachsenden Spitzen entstanden in wechselnder Anzahl Adventiv-Wurzeln, die aber lediglich die Schattenseite einnahmen. Sie bildeten sich bald in grösserer, bald in sehr geringer Entfernung vom Vegetationspunkte, und wurden stets als kleine durchsichtige Anschwellungen sichtbar, welche bald die Rinde durchbrachen, und dann in horizontaler oder schwach geneigter Richtung weiterwuchsen. — Dreht man, nachdem auf der Schattenseite eine oder mehrere solcher Wurzeln gebildet sind, den Topf 180° um seine Längsaxe, so dass die früher beleuchtete jetzt zur Schattenseite wird, so bilden sich die neu auftretenden Wurzeln auf der nunmehrigen Schattenseite. Waren vor der Drehung des Topfes Anlagen gebildet, welche aber die Rinde noch nicht durchbrochen hatten, so wachsen dieselben unter der jetzt auf sie wirkenden Beleuchtung langsam hervor, beschreiben aber bald eine negativ heliotropische Krümmung, und legen sich häufig dem Stengel dicht an. Ebenso krümmen sich die älteren Wurzeln in ihrem noch wachsenden Theile vom Lichte weg.

Es wurden nunmehr zweiflüglige Triebe ebenfalls aufrecht, aber so befestigt, dass nicht eine der flachen Seiten, sondern eine der damit sich um 90° kreuzenden scharfen Kanten der intensivsten Beleuchtung ausgesetzt war. Es wurden dabei die Töpfe so zu stellen versucht, dass die beiden flachen Seiten möglichst gleichviel Licht empfingen. Auch in diesem Falle beschrieben die Glieder positiv-heliotropische Krümmungen, so zwar, dass die Ebene, in welcher dieselben vor sich gingen, von der in der früheren Stellung beobachteten um 90° abwich. So lange diese Krümmung in derselben Ebene stattfand, die beiden flachen Seiten also gleichmässig beleuchtet waren, entstanden auf ihnen,

soweit ich bis jetzt beobachtet habe, niemals Wurzeln. Allein in keinem Falle bog sich der Trieb fortwährend in derselben Ebene, sondern es kam nach einiger Zeit stets eine schwache Torsion dazu, in Folge deren die eine Flachseite schwächer beleuchtet wurde, als die andere. An jener fand dann Wurzelbildung statt. — Ich muss hierzu jedoch bemerken, dass ich dieses Experiment nur wenige Male angestellt habe, und dass sich aus den erhaltenen Resultaten nicht auf einen immer gleichen Effect schliessen lässt.

Wurden die Triebe in verschiedenen beliebigen Lagen befestigt, geneigt aufrecht oder abwärts, oder auch ganz senkrecht nach unten, so bildeten sich stets die neuen Wurzeln auf der Schattenseite, genau wie in den früheren Fällen.

Nunmehr wurden zweiflüglige Triebe an Stäben befestigt, die horizontal vom Topfe abstanden; natürlich auch hier wieder in der Art, das die Zweige und Stäbe sich nicht berührten. Die Töpfe erhielten ihren Platz auf einem Brett, das dicht über einem Fenster angebracht war. Die Triebe ragten horizontal frei in die Luft, und die untere der beiden Flachseiten erhielt jetzt das meiste Licht. — Die Wurzeln, welche nun auftraten, nahmen wieder die schwächstbeleuchtete, also die Oberseite ein. — Aus diesem Versuche folgte mit Sicherheit, dass, wenn eine andere Kraft, vielleicht die Schwere, in den Process der Wurzelbildung eingriff, sie jedenfalls weit hinter dem Einfluss zurückblieb, den das Licht ausübte.

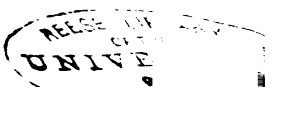
Um diese Frage direct zu entscheiden, wurden Exemplare unserer Pflanze, deren Triebe in derselben Lage befestigt waren, wie in dem eben genannten Experiment, in einen finsteren Raum gestellt. In den meisten Fällen hörten die Triebe leider bald auf zu wachsen; in anderen verlängerten sie sich dagegen noch um mehrere Millimeter. Hierbei wurde zweimal die Erzeugung von je 2 Wurzeln beobachtet, die jedesmal einander genau gegenüber, die eine auf der Ober-, die andere auf der Unterseite, standen. Sobald also der Lichteinfluss aufhörte, bildeten sich die Wurzeln auf beiden Seiten; die eine der Richtung der Schwerkraft entgegen, die andere derselben folgend. Hieraus würde zu schliessen sein, dass die Schwerkraft überhaupt keinen Einfluss hat; doch wage ich es nicht, auf Grund der wenigen Versuche eine Folgerung zu ziehen. — Ferner auszuführende Experimente werden hoffentlich die erwünschte Auskunft ertheilen.

Wie überaus empfindlich die Triebe hinsichtlich ihrer Wurzel-
g gegen Lichteinfluss sind, lehrte folgender Versuch. Ueber
flanze mit horizontal gebundenen Zweigen, die auf einen
ächtlicher Entfernung vom Fenster befindlichen Tisch gestellt
wurde ein schwarzer Recipient gestülpt, doch so, dass von
wenig Licht eindrang. Die Triebe verlängerten sich etwas
ldeten einzelne Wurzeln, diese jedoch nur auf der Oberseite.
us den angeführten Versuchen folgt, dass an den Zweigen
pismium radicans jede der flachen Seite fähig ist, Wurzeln
len; dass die Seite aber, an welcher sie entstehen, jedes-
estimmt wird durch das einfallende Licht. Der Einfluss
tzteren aber ist der Art, dass es die Bildung der Wurzeln
von ihm getroffenen Seiten unterdrückt, und dass dieselbe
vor sich geht, wo er am schwächsten ist.

egen die Richtigkeit dieses Schlusses könnte man zweierlei
den. Erstens liesse sich annehmen, dass das Licht zwar
Einfluss, aber nur einen indirecten habe, der darin bestände,
ie schwach beleuchtete Seite möglicher Weise von feuchterer
erührt werde, als die stärker beleuchtete; und dass das
Quantum Feuchtigkeit vielleicht genüge, um die Wurzel-
an der ersteren hervorzurufen. — Zweitens liesse sich
fen, dass nicht die leuchtenden Strahlen des einfallenden
das Maassgebende seien, sondern dass die dunklen Wärme-
n die Wurzelbildung auf der direct getroffenen Seite
lern.

as Zutreffen des ersten Einwurfes ist schon an sich sehr
rscheinlich. Einmal haben wir früher gesehen, dass in
n Fällen selbst der Contact von flüssigem Wasser keinen
ren Einfluss auf die Anlegung von Wurzeln hat. — Dann aber
schwer anzunehmen, und noch schwerer nachzuweisen sein,
uf den beiden Seiten eines so kleinen Objectes der Wasser-
gehalt der Luft, — der im Allgemeinen freilich in der Nähe
uchten Erde im Topfe immer etwas höher sein wird, als
terer Entfernung von derselben, — so grosse Differenzen
et, um Effecte der bezeichneten Art hervorzurufen. —
aber wurde der Einwand dadurch beseitigt, dass ein Topf
m Lepismium unter eine Glasglocke gestellt wurde, deren
urch ein mit Schwefelsäure gefülltes Gefäss trocken gehalten

Auch jetzt zeigten sich an den einseitig beleuchteten



Zweigen hinsichtlich der Bildung von Wurzelanlagen dieselben Erscheinungen, welche an den in freier Luft gezogenen Exemplaren beobachtet wurden.

Zur Beseitigung des zweiten Einwandes habe ich bisher keine Versuche angestellt. Wie sich aber aus dem Nachfolgenden ergeben wird, ist die etwa mögliche Annahme eines Einflusses der dunklen Wärmestrahlen des Spectrums auf die fraglichen Erscheinungen so gut wie unhaltbar anzusehen.

b. Versuche mit Weidenzweigen.

Das oben erwähnte Experiment von *de Candolle* hätte, soweit es das Auswachsen vorhandener Wurzelanlagen betrifft, Beweiskraft, wenn dabei der Einfluss der Wärme eliminirt wäre. Da in einem mit schwarzem Papier umwickelten Glase sich bei direct einfallendem Sonnenlicht eine beträchtlich höhere Temperatur entwickelt, als in dem nicht mit Papier versehenen, so leuchtet ein, dass das erhaltene Resultat nicht, wie *de Candolle* annimmt, ein zwingendes ist.

Da bekanntlich bis zu einem bestimmten Temperatur-Maximum alle Lebensprocesse sich rascher abspielen, so ist klar, dass dies auch für die hier besprochenen Erscheinungen gilt. Für diese wäre aber genauer festzustellen, ob bei verschiedenen Temperaturen die Wachsthumsvorgänge sich nur rascher oder langsamer abspielen, der Modus des Wachsthums dabei aber unverändert bleibt, — oder ob nicht der letztere ebenfalls einen Wechsel erfährt. — A priori hat die letztere Annahme sehr viel Unwahrscheinliches, und ich glaube auch aus meinen Beobachtungen schliessen zu dürfen, dass sie in der That nicht zutrifft. Den Gegenstand specieller zu untersuchen, lag bisher nicht in meiner Absicht. Ich habe ihn nur soweit in Betracht gezogen, als es sich bei Parallel-Versuchen um geringe Temperatur-Differenzen handelte, und bei diesen erlitt der Modus des Wachsthums sicher keine äusserlich wahrnehmbare Aenderung.

Wir wollen nun mit einem rohen Versuch beginnen. — In drei mit Wasser gefüllte gleich hohe Trinkgläser wurden Zweige von Salix viminalis gestellt. Die Zweige hatten jedesmal paarweis dieselbe Länge (21—23 Ctm.), und annähernd dieselbe Stärke, waren unter gleichen Verhältnissen gewachsen und selbstverständlich demselben Stamm entnommen. Die Neigung, unter welcher

die Zweige in den Gläsern standen, war ganz oder annähernd dieselbe. — Das eine der Gläser wurde in die unmittelbare Nähe eines Südwestfensters gestellt, und während eines Theiles der Tageszeit vom directen Sonnenlicht beschienen; das zweite erhielt seinen Platz auf dem Boden in matt diffusem Tageslicht; das dritte wurde daneben gestellt, aber von einem schwarzen Recipienten bedeckt. Die Temperatur des Zimmers schwankte zwischen 15—20° C. — Die beiden letztgenannten Gläser hatten stets fast gleiche Temperatur, sie differirte höchstens um 0,5° C.; die des ersteren dagegen stieg während des Einfalles der Sonnenstrahlen selbst bis auf 5° höher.

Nach Verlauf von 8 Tagen zeigen sich an drei Zweigen des ganz dunkel gestellten Glases je 3—5 Wurzelhügel auf der Rindenoberfläche. An den Zweigen des ganz hell stehenden Glases ist noch keine Anlage zu gewahren; und von den in diffuses Licht gestellten hat ein Zweig an seiner Basis eine Wurzelanlage.

Nach weiteren 4 Tagen haben sich die Wurzelanlagen der Zweige im dunkel stehenden Glase bis zu 3—4 Mm. Länge entwickelt, und es sind noch einige weitere Wurzelhügel sichtbar. — In dem Glase im diffusen Licht ist die früher bemerkte Anlage jetzt wenig ausgewachsen; und es treten an dem zu dieser gehörigen Zweige wie an zwei anderen noch jedesmal 2 oder 3 Anschwellungen in der Rinde auf. — An den Zweigen des in der Nähe des Fensters stehenden Glases ist auch jetzt noch keine Wurzelanlage zu sehen.

Wir überspringen 8 weitere Tage, und finden nun folgende Verhältnisse. In dem dunkel gestellten Glase sind an jedem Zweige 8—12 Wurzeln vorhanden, die eine Länge von 30—50 Mm. erreicht haben. — An den Zweigen, die im diffusen Lichte stehen, sind je 3—6 Wurzeln erzeugt, welche 20—30 Mm. Länge haben. — Von den drei Zweigen im hell gestellten Glase hat der eine 5 Wurzeln gebildet, drei derselben sind 2—5 Mm. lang, zwei durchbrechen eben die Rinde; an den zwei anderen Zweigen ist je eine ganz kurze Wurzel vorhanden. Alle diese Wurzeln stehen in unmittelbarer Nähe der Basis, während sie in den anderen Gläsern zwar ebenfalls vorwiegend an den Basen der Zweige, sonst aber auch auf der ganzen Strecke getroffen werden, mit der diese in's Wasser reichen.

Im weiteren Verlauf dieses Versuches veränderten sich die Verhältnisse fast gar nicht, und wir können den Bericht damit abschliessen. — Eine mehrfache Wiederholung ergab ein wenn auch wechselndes, so doch immer ähnliches Resultat. Im einen Falle waren die Unterschiede in der Entwickelung im gleichen Sinne noch schärfer ausgesprochen, im anderen aber auch erheblich geringer.

Derselbe Vorwurf, welcher an dem *de Candolle*'schen Versuch haftete, trifft auch den eben besprochenen, wenn auch in anderer Weise. Die Zweige in dem hell beleuchteten Glase waren periodisch einer höheren Temperatur ausgesetzt, als die in den beiden anderen; und dieser Unterschied könnte von Einfluss auf die Wachsthumsvorgänge gewesen sein. Freilich müsste dieser Einfluss dann ein hemmender gewesen sein, was mit unseren sonstigen Erfahrungen über Wärmewirkung innerhalb der bezeichneten Grenzen keineswegs übereinstimmen, und ausserdem mit unserer vorhin bei Besprechung des *de Candolle*'schen Experiments gemachten Annahme in geradem Widerspruch stehen würde.

Aus unseren früheren Versuchen mit jährigen Zweigen von S. viminalis folgt, dass die wurzelbildende Kraft bei vorhandenen Anlagen von der Basis nach der Spitze hin allmälig abnimmt. Stellen wir uns nun vor, dass die sämmtlichen Anlagen in gleicher Weise von einem hemmenden Einfluss getroffen werden, so muss das Auswachsen derselben soweit unterbleiben, als die äussere retardirende Wirkung die innere ihr entgegengesetzte an Stärke überwindet, bis zu dem Punkte, wo sich beide das Gleichgewicht halten. Von da an dagegen wird ein Auswachsen stattfinden. — An den hell gestellten Zweigen der genannten Pflanze muss daher die Zahl und Länge der Wurzeln von der Basis aus rascher abnehmen, als an solchen, welche verdunkelt sind. Das Experiment ergiebt, dass diese Annahme begründet ist.

Gleich starke und gleich alte Zweige von S. viminalis, die mit möglichster Sorgfalt in der Auswahl von demselben Stamm entnommen waren, wurden in gewohnter Art aufrecht in zwei Glashäfen aufgehängt. Der eine derselben wurde unter einen schwarzen Recipienten gestellt, der andere dem Tageslichte ausgesetzt, jedoch so, dass auf keine der Vorrichtungen das directe Sonnenlicht fiel. Die Temperatur-Differenz in beiden Gläsern betrug nachgewiesener Maassen nicht mehr als höchstens etwas

über 1° C. Auch in diesem Falle ging wieder das Auswachsen der Wurzeln im Dunklen viel rascher vor sich, als im Hellen, zugleich aber zeigte sich das erwartete Verhältniss, wenn auch nicht überall in derselben Weise. Im Hellen war die Höhe, bis zu welcher die Wurzeln von der Basis aus am Zweige hinauf reichten, eine erheblich geringere, als an den im Finstern hängenden Zweigen; sie betrug bald die Hälfte, bald nur den dritten Theil derselben; bald kamen Wurzeln nur aus der Basis hervor. — Natürlich traten auch hier vereinzelte Fälle auf, in denen sie auf fast oder ganz gleicher Höhe mit den an den verdunkelten Exemplaren vorhandenen standen.

Die angeführten Thatsachen bestätigen die Richtigkeit unserer oben angestellten Erörterung; doch könnte man vielleicht gegen das Experiment einen Einwurf machen. Möglicher Weise könnte unter dem Einfluss der Beleuchtung der Wasserdampfgehalt in dem einen Glashafen Ungleichheiten erfahren haben, und als Folge davon jene Verhältnisse aufgetreten sein. So wenig dieser Einwurf auch für sich hat, ist es doch geboten, uns nach einem Verfahren umzusehen, bei dem jeder derartige Einwurf ausgeschlossen ist.

Zu dem Ende wollen wir nicht mehr die unter verschiedener Beleuchtung grössere oder geringere Zahl der wirklich auswachsenden Wurzeln in's Auge fassen, sondern lediglich den Einfluss des Lichtes auf die Bildung der bekannten Wurzelhügel in der Rinde [1]), — d. h. auf die ersten und wichtigsten Stadien der Ausbildung der dort vorhandenen Anlagen, — betrachten. Um diese hervorzurufen, bedarf es keiner äusseren Berührung von Wasser oder Wasserdampf, sondern lediglich der Zufuhr des ersteren als Nährstoff. Senkrecht im Finstern aufgehängte Zweige, denen nur durch eine der Querschnittsflächen in genügender Weise Wasser geboten ist, produciren an den Orten, an denen im feuchten Raume Wurzeln entstehen, jetzt nur die bekannten Hügel, welche die Rinde gar nicht oder nur eben durchbrechen. Was wird geschehen, wenn man denselben Versuch macht, ihn aber dem vollen Tageslicht aussetzt? Das Experiment wurde ausgeführt,

[1]) Erst durch Auffindung dieses zwar überaus einfachen, aber, wie ich glaube, methodisch wichtigen Verfahrens gelang es mir, die hier behandelte Frage sowohl, wie eine Reihe anderer in anschaulicher und einfacher Form zu lösen.

und zwar wiederholt und in variirender Art; es ergab stets ein, wenn auch nicht immer gleiches, so doch bestätigendes Resultat. Es wird nicht überflüssig sein, hier einen Fall genauer zu besprechen.

Ein senkrecht gewachsener jähriger Zweig von S. viminalis von 59 Ctm. Länge und 9 Mm. mittlerer Dicke wurde in seiner ursprünglichen Stellung in einem Glasgefässe befestigt, das bis zu 9 Ctm Höhe mit Wasser gefüllt war; der Kork, mit dem der Zweig dem Glase aufgesetzt war, führte mehrere Durchbohrungen, so dass das Wasser stets mit der äusseren Luft in Verbindung stand. Die obere Schnittfläche des Zweiges wurde mit Lack verschlossen, und das Ganze an die hintere Wand eines nach Südwesten gelegenen Zimmers gestellt; das Licht, das den Zweig traf, war demnach nur ein sehr mattes und diffuses. Der Versuch wurde am 26. Mai eingeleitet.

Am 12. Juni waren im Wasser 7 Wurzeln ausgewachsen. Auf der beleuchteten Längshälfte des Zweiges sind bis zu einer Höhe von 20 Ctm. über dem Korke 6 Wurzelhügel gebildet; auf der Schattenseite dagegen 15, deren letzter bis zu 26 Ctm. über den Kork hinaufreicht. Die Hügel auf der Schattenseite sind ferner deutlich stärker entwickelt, als auf der Lichtseite. — In der nächsten Zeit bilden sich noch weitere Anlagen, die auf der Schattenseite vereinzelt bis zur Spitze, auf der beleuchteten dagegen nur bis zu $^2/_3$ der Zweighöhe reichen. — Als am 15. Juni der Versuch beendigt wurde, fanden sich auf der letzteren bis zu der genannten Höhe 17 Hügel, während die erstere 23 führte.

Aus diesem Versuche, der mit ähnlichem Erfolg mehrfach wiederholt wurde, folgt, dass selbst schon die Unterschiede in dem verhältnissmässig matten Licht des vom Fenster am weitesten entfernten Theiles des Zimmers genügen, um den bezeichneten Effect hervorzurufen. Wir sehen, dass die Kraft der Wurzelanlagen in Bezug auf die Ueberwindung des Widerstandes, welchen das Licht ausübt, von der Basis des Zweiges nach der Spitze hin allmälig abnimmt; und dass dementsprechend die Zeit, welche zur Ueberwindung jenes Widerstandes gebraucht wird, annähernd in einem geraden Verhältniss zur Entfernung der Anlage von der Basis steht. Dies gilt für beide Seiten, doch ist der Widerstand auf der heller beleuchteten Seite grösser, und desshalb

reichen auf ihr die Wurzelanlagen weniger hoch hinauf, als auf der Schattenseite.

Macht man denselben Versuch, setzt ihn aber einer helleren Beleuchtung, doch nicht dem directen Sonnenlicht aus, so bilden sich in der Regel über dem Wasser noch Wurzelanschwellungen, allein sie reichen nur bis zu geringer Höhe hinauf. Auch hier ist die Schattenseite gewöhnlich bevorzugt, manchmal führt sie ausschliesslich die Wurzelanlagen. — Giebt man endlich den Versuchs-Objecten eine solche Stellung, dass sie während eines Theiles des Tages vom directen Sonnenlicht getroffen werden, so bilden sie gewöhnlich über dem Wasser keine Wurzelanlagen; hin und wieder treten dieselben auf, dann aber meist nur auf der Schattenseite. — Bemerkenswerth ist ferner, dass die ersten Wurzeln im Bereich des Wassers unter diesen Verhältnissen fast immer nahe an der Basis auftreten, während sich unter anderen Umständen der Einfluss einer Wasserhöhe von 9 Ctm. in der früher besprochenen Art häufig schon geltend macht.

Die eben gemachten Angaben beruhen auf einer ganzen Reihe von Versuchen, auf deren speciellere Darstellung ich verzichten zu können glaube.

Um den fördernden Einfluss der Dunkelheit auf die Ausbildung der Wurzelhügel noch schlagender zu zeigen, wendete ich folgendes Verfahren an. An dem Tageslicht ausgesetzten, vertical hängenden Zweigen, die durch die basale Schnittfläche mit Wasser versorgt waren, wurden kürzere oder längere Hüllen von schwarzem Papier angebracht, welche locale Verdunkelungen hervorriefen. Es sollen einige dieser Versuche specieller besprochen werden.

Zwei Zweige von S. viminalis und ein Zweig von S. nigricans wurden an einem Stativ so befestigt, dass sie senkrecht herabhingen, und mit ihren Basen in mit Wasser gefüllte Trinkgläser reichten. Alle drei Zweige wurden mit Papierumhüllungen versehen, die jedoch nur so locker anlagen, dass in dem Raum zwischen Papier und Zweigoberfläche ein steter Luftwechsel stattfinden konnte. Neben jedem derselben hing ein gleichlanger und möglichst gleichstarker Zweig desselben Stammes, der keine Papierhülse erhielt, und somit seiner ganzen Länge nach dem Lichteinfluss ausgesetzt war. Die ganze Vorrichtung war an einem Südwestfenster so angebracht, dass sie wohl vom vollen

Tages-, aber nie vom directen Sonnenlicht getroffen wurde. Der Versuch begann am 22. April 1876; die Temperatur des Zimmers betrug anfangs 12° C., dann während einer Reihe kalter Tage nur gegen 10°, bis sie später auf 15° und höchstens 17° stieg. Die Entwickelung ging bei dieser Temperatur ziemlich langsam vor sich. Um stets die Temperatur-Differenz zwischen den beleuchteten und verdunkelten Partieen bestimmen zu können, wurden zwei genau verglichene Thermometer an demselben Stativ neben den Zweigen aufgehängt. Das eine derselben hing frei; die Kugel und der untere Theil des anderen dagegen war von einer solchen Papierhülse locker umgeben, wie sie an den Zweigen angebracht waren. Die Beobachtung lehrte, dass während der Zeit des intensivsten Sonnenscheins in den benachbarten Regionen des Zimmers die Temperatur des mit schwarzer Umhüllung versehenen Thermometers nur um 1° C. oder wenig mehr über die des anderen stieg, dass sie aber sonst nur wenig oder gar nicht von dieser abwich. Es ist weiter zu bemerken, dass während geraumer Zeit der Himmel trübe war.

Wir wollen nun wegen der langsamen Entwickelung einen grösseren Zeitraum überspringen, und gleich die Notiz vom 18. Mai nehmen.

Der erste Zweig von S. viminalis hat bei 46 Ctm. Länge einen mittleren Durchmesser von 8 Mm. Die Papierumhüllung beginnt 14 Ctm. unter der Spitze, und reicht 17 Ctm. weit hinab; in ihrem Bereich sind 9 Knospen vorhanden; dann folgen 10 Ctm. in Luft und endlich an der Basis 5 Ctm. in Wasser. — Ueber der Papierumhüllung ist keine Wurzelanlage sichtbar; im Bereich derselben sind 14 der bekannten Hügel vorhanden, fast alle in der Nähe der Knospen, meist seitlich davon, nach der Basis hin zahlreicher, als nach der Spitze hin. Auf die Umhüllung folgen zunächst 4 Knospen in der Luft ohne eine Wurzelanschwellung; dann zwei weitere Augen auf der Schattenseite mit je einer Anlage. Im Bereich des Wassers endlich sind 4 Knospen und in deren Nähe 6 ausgewachsene Wurzeln vorhanden.

In dem zu diesem Zweige gehörenden Control-Versuche finden sich 7 ausgewachsene Wurzeln an dem von Wasser umgebenen Theile des Zweiges, und nur zwei Anschwellungen dicht über dem Wasser auf der Schattenseite.

Der zweite Zweig von S. viminalis ist 44 Ctm. lang und von

10 Mm. mittlerem Durchmesser. Die Papierumhüllung ist 20 Ctm. lang, und beginnt 10 Ctm. unter der Spitze. Ueber derselben sind keine Wurzelhügel gebildet, im Bereich derselben jedoch 10 Anlagen, die besonders in der Mitte der Umhüllung stehen, wahrscheinlich weil bei der ziemlich weit abstehenden Hülse der Lichteinfluss dort am geringsten war. Auf der Zweigstrecke zwischen der Umhüllung und dem Wasser sind drei Anlagen vorhanden, eine auf der Licht-, zwei auf der Schattenseite. — An dem vom Wasser berührten Theile von 5 Ctm. Länge sind 7 Wurzeln ausgewachsen.

Der hierzu gehörige Control-Zweig hat im Wasser 6 Wurzeln, und über demselben 4 Anlagen auf der Schattenseite erzeugt; 2 der letzteren stehen dicht über dem Wasserspiegel, die dritte 9, die vierte 11 Ctm. von demselben entfernt.

Der dritte Zweig, S. nigricans, ist 37 Ctm. lang, und hat 10 Mm. mittlere Dicke. $9^1/_2$ Ctm. unter der Spitze beginnt die Umhüllung und reicht 12 Ctm. weiter hinab. — Ueber derselben sind keine Anlagen gebildet, in ihrem Bereich dagegen 20. Auf der Strecke zwischen der Umhüllung und dem Wasser sind wieder nur auf der Schattenseite 4 Hügel erzeugt, davon 2 dicht über dem Wasser, die dritte 3, die vierte 4 Ctm. über demselben. In dem Wasser selbst sind 8 Wurzeln gebildet.

Der hierzu gehörige Control-Zweig hat im Wasser 9 Wurzeln producirt; über demselben sind keine Anlagen vorhanden.

Weitere unsere Aufgabe betreffende Veränderungen wurden zunächst nicht wahrgenommen. Später aber, als an der Spitze der Zweige längere mit Blättern besetzte Laubtriebe erzeugt waren, wurden an zweien der Objecte an den von den letzteren beschatteten Theilen noch ganz vereinzelte Wurzelhügel wahrgenommen.

Es sei gleich noch ein weiterer Versuch beschrieben.

Ein Zweig von S. viminalis, der bei einem mittleren Durchmesser von 10 Mm. eine Länge von 80 Ctm. hatte, wurde einem mit Wasser gefüllten Glase vermittelst eines Korkes so aufgesetzt, dass er vertical aufrecht stand, und die Basis 6 Ctm. tief in das Wasser ragte. Auf verschiedener Höhe waren an dem Zweige ganze Papierumhüllungen und schmälere, nur einen Theil der Zweigoberfläche bedeckende Streifen von schwarzem Papier angebracht. Das Ganze wurde in genau derselben Weise dem Tageslicht ausgesetzt, wie es in dem zuletzt beschriebenen Versuche

geschah. Das Experiment wurde eingeleitet am 27. April, und beendigt am 2. Juli. Es ergab sich folgendes Resultat.

In der $8^1/_2$ Ctm. langen vollständigen Umhüllung, welche 28 Ctm. unter der Spitze des Zweiges angebracht war, hatte derselbe 6 Wurzelanschwellungen erzeugt. Dann folgte 40 Ctm. unter der Spitze auf der beleuchteten Seite ein 13 Mm. breiter und 10 Ctm. langer Streifen von schwarzem Papier, der mit Fäden locker an dem Zweige befestigt war. — Unter ihm waren 3 Hügel gebildet. 60 Ctm. unter der Spitze war ein weiterer Streifen von 15 Mm. Breite und 23 Ctm. Länge auf der Vorderseite befestigt. Auf der von ihm bedeckten Fläche waren ebenfalls 3 Anlagen producirt. — Endlich war 65 Ctm. unter der Spitze auf der einen Seite mit mittlerer Beleuchtung noch ein Streifen angebracht, der 35 Mm. lang und 15 Mm. breit war. Beim Abnehmen desselben fand sich unter ihm 1 Anlage. — Ausserdem waren noch 4 Hügel auf der Schattenseite dicht über dem Kork gebildet, zu denen noch 7 Wurzeln im Wasser traten. Auch hier wurden erst, nachdem an der Spitze des Zweiges Laubtriebe gebildet waren, in deren Schatten noch ein paar Wurzelanlagen erzeugt; sonst waren auf der ganzen Länge des Zweiges ausser den genannten keine vorhanden.

Weitere Einzelheiten sollen nicht aufgezählt werden. Die eben besprochenen Beispiele mögen genügen, um das angewendete einfache Verfahren zu erläutern, und zugleich ein Durchschnittsresultat anzuführen.

Aehnliche Versuche, wie die vorigen, wurden angestellt, doch mit dem Unterschiede, dass sie zeitweise dem directen Sonnenlicht ausgesetzt wurden. Die Temperatur betrug jetzt bei einfallendem Licht bis zu 38° C., unter den schwarzen Umhüllungen bis zu 44° C. Das sich ergebende Resultat zeigte keinen Unterschied von den früheren, ausser dass die Wurzeln im Wasser meist später erschienen. An den beleuchteten Stellen über dem Wasser wurden in der Regel keine Anlagen erzeugt, während sie an den verdunkelten auftraten. — An den ohne schwarze Umhüllungen hängenden Zweigstücken entstanden die Wurzeln fast ausschliesslich im Wasser; über demselben kamen meist keine Anlagen vor.

Dass das Licht auch dann die hemmende Wirkung hervorbringt, wenn die Zweige von flüssigem Wasser umgeben sind, folgt ausser aus den früher angeführten Versuchen noch aus anderen Beobachtungen.

In den oben genauer besprochenen Culturen, in welchen Zweige bis zu einem beträchtlichen Theile ihrer Länge in Wasser getaucht, und dem Einfluss des Lichtes ausgesetzt wurden, entstanden in den meisten Fällen die Wurzeln in weitaus überwiegender Zahl auf der minder beleuchteten Seite der Zweige. Es wurde dies sowohl an ein- und zweijährigen, als an jungen Zweigen constatirt; ja in einigen Fällen war der Unterschied so bedeutend, dass die Schattenseite bürstenartig mit Wurzeln bedeckt war, während die beleuchtete Seite keine derselben führte. Auch hier nahm diese Einseitigkeit in der Stellung um so mehr ab, je mehr man sich der Basis näherte. An dieser war, zumal in einzelnen Fällen, der Wurzelschopf ringsum ausgebildet; doch bestand häufig zwischen Licht- und Schattenseite noch darin ein Unterschied, dass auf dieser die Wurzeln eine grössere Länge erreichten, als auf jener. — Dieselbe Erscheinung wurde, wenn auch nur vereinzelt, in Bezug auf die Stellung der Lenticellen beobachtet.

Fasst man die sämmtlichen bis jetzt angeführten Thatsachen zusammen, so ergiebt sich mit unzweifelhafter Gewissheit, dass das Licht einen hemmenden Einfluss sowohl auf die erste Anlage von Wurzeln, wie auf die ersten Stadien des Auswachsens schon vorhandener Anlagen besitzt. — War bei unseren erst besprochenen Versuchen noch ein Zweifel darüber, welcher Theil des Spectrums, der leuchtende Theil oder die dunklen Wärmestrahlen, der active sei, so können wir diesen jetzt definitiv zu Gunsten des ersteren entscheiden. Man erinnere sich, dass in einem Falle drei Gläser mit Zweigen verschiedenen Beleuchtungsgraden ausgesetzt waren, das eine bei zeitweis höherer Temperatur dem directen Sonnenlicht, die beiden anderen bei niedrigerer Temperatur, das eine einem matten diffusen Licht, das andere der Dunkelheit. Die Zweige der beiden letztgenannten Gläser eilten den des ersteren in Bezug auf Zahl und Schnelligkeit der Entwickelung der Wurzeln voran. Sollte hier die Wärme die Ursache des Unterschiedes sein, so hätte sie bei höherer Einwirkung einen hemmenden Einfluss ausgeübt. Den gerade entgegengesetzten Effect hätte dieselbe dagegen in den Fällen haben müssen, in welchen an den theilweis mit schwarzem Papierumhüllungen versehenen Zweigen an den verdunkelten, höher temperirten Stellen Wurzelhügel gebildet wurden. Da aber unter sonst gleichen Verhältnissen ein derartiger entgegengesetzter Einfluss nicht denkbar ist, so können wir die ganze in den obigen

Fällen geleistete Arbeit lediglich als eine Function des leuchtenden Theiles des Spectrums betrachten. Welche Strahlen dieses Theiles nun aber das Active sind, die stärker oder die minder brechbaren, diese Frage habe ich bisher experimentell nicht gelöst. Nach Analogie mit anderen bekannten Thatsachen zu schliessen, dürfte der stärker brechbare Theil den fraglichen Effect hervorrufen. Die wenigen bis jetzt von mir angestellten Versuche haben noch kein entscheidendes Resultat gegeben. Eine Untersuchung der Rinde unserer Weidenarten bezüglich ihrer Durchlässigkeit für gewisse Lichtstrahlen vermittelst des *Sachs*'schen Diaphanoskops war mir aus Mangel an einem derartigen Apparat nicht möglich. — Fernere Untersuchungen müssen über die fraglichen Punkte Aufklärung verschaffen.

Alles bisher Gesagte bezog sich lediglich auf den Einfluss des Lichtes auf die Anlage von Wurzeln, oder die Entwickelung schon vorhandener Anlagen. — Es war nun die weitere Frage zu beantworten: Wie wirkt dasselbe Agens auf die Entwickelung der Knospen? Wurzeln und Knospen zeigen, wie wir bald sehen werden, ein entgegengesetztes Verhalten gegenüber der Schwerkraft; ist in Bezug auf das Licht vielleicht ein ähnliches Verhältniss vorhanden? Dass, wenn dies der Fall, dasselbe nur ein sehr verstecktes sein kann, folgt schon aus den früher angeführten zahlreichen Experimenten. Die Knospen wachsen im Dunklen aus und bilden lange vergeilte Triebe. — Soll also ein Einfluss vorhanden sein, so kann er höchstens an zwei Punkten gesucht werden. Hat das Licht einen directen Einfluss auf die Bestimmung des Ortes von Knospenanlagen; und wirkt es ähnlich auf die ersten Stadien des Auswachsens vorhandener, aber ruhender Augen? Die erstere Frage habe ich aus Mangel an einem geeigneten Object nicht beantworten können, in Bezug auf die zweite mannigfache Bemühungen angestellt, jedoch ohne eigentlichen Erfolg.

Es wurde zunächst festzustellen versucht, ob sich nicht ein Unterschied ergeben würde, wenn Zweige, die mit gleichstark entwickelten Knospen versehen waren, vertical aufrecht einer einseitig intensiveren Beleuchtung ihrer Längshälften ausgesetzt werden. Allerdings war in manchen Fällen eine Differenz in der Entwickelung der Knospen sichtbar, allein dieselbe war sehr gering, und widersprach manchmal selbst den Erwartungen. Es musste daher aufgegeben werden, auf diesem Wege etwas zu erreichen.

Es wurden nun möglichst gleichentwickelte und demselben Stamm entnommene Zweige in je zwei Glashäfen aufgehängt, und der eine dem diffusen Tageslicht ausgesetzt, der andere dunkel gestellt. Die Temperatur dieser Gläser zeigte unter den verschiedenen Bedingungen so geringe Differenzen, dass diese unberücksichtigt bleiben konnten. (Sie betrugen höchstens 0,5° C., gewöhnlich aber standen die Thermometer gleich.) Bei Versuchen mit einigen Arten wurde kein Unterschied wahrgenommen, dagegen fand sich an 18 Zweigstücken von S. pruinosa, welche zu je 9 den verschiedenen Bedingungen ausgesetzt waren, ein gar nicht zu übersehender Unterschied. In dem hell stehenden Glase entwickelten sich die Wurzeln spärlicher und langsamer, während das Auswachsen der Knospen schneller und kräftiger vor sich ging; genau das Umgekehrte fand in dem dunkel gestellten Glase statt. Die Knospen an den dem hellen Licht ausgesetzten Zweigen eilten den der verdunkelten Objecte in den ersten Stadien des Auswachsens entschieden voran, und diese Thatsache würde die gehegte Erwartung bestätigen. Es bedarf aber der Gegenstand noch weiterer Untersuchung, und ich hoffe diese in der Folge nebst anderen damit verwandten Erscheinungen zum Austrag zu bringen.

Was mich in der eben besprochenen Annahme bezüglich der Knospen bestärkt, sind die Beobachtungen und Untersuchungen von *Frank* [1]) über die einseitige Beschleunigung des Aufblühens der Kätzchen mancher Weidenarten durch das Licht; wenn es sich hier auch lediglich um Ausbildung und nicht um Neuanlage von Theilen handelt.

Welcher Art nun die Wirkung des Lichtes bei den im Vorstehenden erörterten Erscheinungen ist, welche Bewegungsvorgänge im Innern der Zellen durch das Licht ausgelöst werden, darüber Vermuthungen anzustellen, dürften beim heutigen Stande unserer Kenntnisse keine genügenden Anhaltspunkte vorliegen. Wie kommt es, dass auf das Wachsthum der unter der dicken Weidenrinde verborgenen Wurzelanlagen der einfallende Lichtstrahl eine hemmende Wirkung ausübt? Wie kommt es, dass nur auf der Schattenseite eines dem Licht ausgesetzten wachsenden Lepismium-Zweiges

[1]) *Frank*. In: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Herausgegeben von Cohn. I. Bd. III. Heft. Breslau, 1875. S. 51.

der Zelltheilungs-Process ausgelöst wird, welcher zur Bildung einer Wurzel führt? Und wie kommt es, wenn unsere obige Vermuthung richtig ist, dass das Licht auf die Bildung von Knospen den entgegengesetzten Einfluss hat? — Diese von fesselndem Interesse begleiteten Fragen werden wohl noch lange ihrer Lösung harren.

E. Einfluss der Schwerkraft.

Das erste unseren neuen Gegenstand betreffende Experiment stellte, wenn auch nicht vom Standpunkte unserer heutigen Fragestellung, *Duhamel*[1]) an. Er legte Weidenzweige horizontal so tief in Erde, dass sie etwa 1—2 Zoll hoch bedeckt waren. Dieselben erzeugten kräftige Zweige und Wurzeln, welche sämmtlich aus der Unterseite hervorgegangen waren.[2]) — In dem vorher beschriebenen Experiment[3]) wurden zwei starke Zweige horizontal durch ein mit Erde gefülltes Fass geleitet, so dass die beiden Enden in Luft ragten. Der eine Zweig bildete seine Aeste nur am dünnen Ende; der andere ausser an diesem auch an dem basalen dickeren Ende; doch gingen die hier befindlichen schon im Herbst zu Grunde. Wurzeln wurden im ganzen Bereich der Erde erzeugt. Die Stellung von Wurzeln und Aesten war nun, abgesehen von den Enden, derart, dass diese vorzüglich der Oberseite, jene der Unterseite angehörten.

Die mannigfachen interessanten Angaben der Gärtner werde ich später anführen.

Der erste meines Wissens, welcher die Vermuthung aufstellte, dass die Schwerkraft irgend einen Einfluss auch auf den morphologischen Charakter der Zelltheilung ausübe, war *Sachs.*[4]) Er knüpft dabei an die Thatsache, dass es leicht möglich ist, aus dem oberen Wulst, der durch Ringelung entsteht, Wurzeln, aus dem unteren Knospen hervorzulocken; und ferner an die schon genannten Versuche von *Duhamel.*

---

[1]) *Duhamel du Monceau.* La Physique des Arbres. Paris, 1758. T. II. p. 122.

[2]) Aus der Abbildung Taf. 15, Fig. 148 geht dies nicht mit Bestimmtheit hervor. Ein besonders kräftiger Zweig scheint die Spitze anzudeuten.

[3]) S. 121 unten und 122 oben.

[4]) *Sachs.* Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig, 1865. S. 112.

Die Anschauungen *Hofmeister's* [1]) über den uns beschäftigenden Gegenstand können erst im zweiten Theile dieser Arbeit zur Besprechung gelangen.

Sehr wichtige Versuche stellte *Pfeffer* [2]) mit den Brutknospen von Marchantia polymorpha an. Er zeigte, dass das Auswachsen der Wurzelhaarzellen unter der combinirten Wirkung zweier Kräfte vor sich geht, einer inneren, der „Eigenkraft", und der Schwerkraft. In Folge der ersteren ist jede Wurzelhaarzelle bestrebt, auszuwachsen; und dies geschieht, wenn die Schwerkraft ihr nicht entgegenwirkt. Aus diesem Grunde werden auf der dem Erdmittelpunkte zugewandten Seite Wurzelhaare gebildet, während dies auf der zenithwärts gerichteten Seite nicht geschieht. Ausserdem wird durch die dauernde Berührung mit einem soliden Körper eine Kraft gewonnen, welche im Stande ist, die hemmende Wirkung der Schwerkraft mindestens aufzuheben. Folge davon ist, dass auf der nach oben gerichteten Seite Wurzelhaarzellen auswachsen, wenn dieselbe einem festen Substrat anliegt. Wasser vermag das letztere nicht zu ersetzen.

Nach der Veröffentlichung eines sehr kurzen vorläufigen Berichtes über die hier in extenso erörterten Untersuchungen erschien eine Mittheilung von *Kny* [3]) über Versuche, welche derselbe zur Ermittelung des etwa möglichen Einflusses der Schwerkraft auf den Ort von Neubildungen, d. h. echten Adventivbildungen, angestellt hatte. Während eines Zeitraumes von zwei Sommern wurden senkrecht gewachsene Zweige verschiedener holziger Pflanzen, nachdem alle Knospen entfernt waren, etwa 5—8 Ctm. tief in feuchten Sand gelegt. — Es fand sich, dass Wurzeln sowohl unten und oben, als auf beiden Seiten der Zweigstücke entstanden. Dasselbe galt von den Adventivknospen, welche vorwiegend aus den vorhandenen Zweignarben hervorgingen. Die Stellung der Productionen in Bezug auf das organische Ober- und Unterende der Zweige war sehr verschieden; in gewissen Fällen

---

[1]) *Hofmeister.* Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868. S. 623.

[2]) *Pfeffer.* Studien über Symmetrie und specifische Wachsthumsursachen. In: Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg, herausgegeben von Sachs. I. Bd. S. 77 ff.

[3]) *Kny* im Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin vom 21. März 1876.

bildeten sich Wurzeln nur an dem letzteren; in anderen an diesem und in der Mitte; in einem lediglich in der Mitte. — Die angeführten Beobachtungen sprechen nicht für einen Einfluss der Schwerkraft in der erwarteten Art; doch legt der Autor selbst ihnen keine entscheidende Bedeutung bei.

Versuchen wir nun, bevor wir zum experimentellen Theile übergehen, uns zunächst die Fragen klar zu legen, welche hier zu beantworten sind.

Wir wollen dabei in Rücksicht auf die Erscheinungen des positiven und negativen Geotropismus von der Vorstellung ausgehen, dass die Schwerkraft auf die Bildung der verschiedenen Organe einen verschiedenen Einfluss ausübe. Im Allgemeinen wird sich dieser in der Richtung des Erdradius äussern, und zwar bezüglich der hier in Frage kommenden beiden hauptsächlichsten Organe derart, dass Knospen auf der dem Erdmittelpunkte entfernten, Wurzeln auf der demselben nächsten Seite oder Ende entstehen bez. auswachsen. — Dies wäre die einfachste Art der Einwirkung, und gerade desshalb wollen wir sie zunächst in's Auge fassen. Es fragt sich nun, wie die Verhältnisse sich gestalten werden, wenn die bekannte innere morphologische Kraft und die Schwerkraft gleichsinnig oder in verschiedenem Grade ungleichsinnig einwirken.

Betrachten wir unter der eben gemachten Voraussetzung zunächst die Wirkung der Schwerkraft allein, und legen wir dabei der Einfachheit halber unserer Entwickelung vorläufig die Vorstellung eines Objectes zu Grunde, an welchem die Bestimmung des Ortes der zu erzeugenden Gebilde lediglich von der Wirkung der Schwerkraft abhängig ist. Ihrem Einfluss sind natürlich alle Theile des Objectes unterworfen, allein derselbe äussert sich in sichtbarer Weise nur an den höchst beziehungsweise tiefst gelegenen Punkten, hier wurzel-, dort knospenbildend. Für die rein theoretische Ueberlegung ist es nun zunächst ganz gleichgültig, in welcher Art jener Einfluss stattfindet, ob bloss in den höchst und tiefst gelegenen Elementen Vorgänge ausgelöst werden, in Folge deren dort Wachsthum stattfindet, oder ob alle Zellen des Objectes gleichmässig betheiligt sind, und die zusammengesetzte Wirkung aller sich nur an den höchst und tiefst gelegenen Punkten äussert. Dies vorausgeschickt, lassen sich die hier stattfindenden Vorgänge

durch einen der Mechanik entlehnten Gedankengang versinnlichen, wenn man anstatt der in der letzteren behandelten Zug- und Druckkräfte die Herbeiführung der Bedingungen setzt, welche Wurzel- und Sprossbildung nach sich ziehen.

Hat zunächst das Object eine vertical-aufrechte Stellung, so entstehen Knospen an dem oberen, Wurzeln an dem unteren Ende, und zwar in beiden Fällen ringsum. Giebt man dem Object eine genau horizontale Lage, so bilden sich Knospen auf der ganzen Ober-, Wurzeln auf der ganzen Unterseite. Nimmt es dagegen eine beliebige Stellung zwischen den genannten beiden ein, so wird die an jedem Punkte angreifende Kraft in zwei Componenten zerlegt. Von diesen fällt die Cosinus-Componente in die Richtung der Längsaxe des Objectes, und ihr Einfluss äussert sich an den beiden Enden desselben; die Sinus-Componente dagegen ist senkrecht zu jener gerichtet, und macht sich als Ober- und Unterflächen-Wirkung geltend. Hat das Object daher eine beliebige Neigung zwischen 0^0 und 90^0, so entstehen Knospen an dem oberen Ende ringsum und auf der Oberseite; Wurzeln in entsprechender Weise an dem unteren Ende und auf der Unterseite. Je geringer die Neigung, um so mehr werden die Enden, je grösser der Neigungswinkel, um so mehr die Ober- und Unterseite bevorzugt sein. — Setzt man nun die Drehung des Objectes über die Horizontale hinaus fort, so bleiben die Verhältnisse dieselben, nur dass das frühere Ober- jetzt zum Unterende wird; dreht man, bis das Object wieder die senkrechte Stellung hat, so entstehen jetzt an dem einstigen Oberende die Wurzeln, an dem früheren Unterende Knospen. — Dreht man das Object noch weiter durch die beiden folgenden Quadranten, so wiederholen sich die eben beschriebenen Verhältnisse, nur mit dem Unterschiede, dass jetzt die Ober- und Unterseite ihre Rollen vertauschen.

Lassen wir nun die Schwerkraft nicht mehr auf indifferente, sondern auf unsere mit der bekannten inneren Function ausgerüstete Objecte einwirken, so ist klar, dass das Resultat lediglich von dem Grössenverhältniss abhängt, in welchem die beiden Kräfte zu einander stehen. — Wären beide beispielsweise gleichgross, so würde bei vertical-aufrechter Stellung der Objecte die Bildung ihrer Producte an den Enden mit erhöhter Energie, entsprechend der Summe beider Wirkungen, vor sich gehen. Bei vertical-verkehrter Lage würden die beiden Kräfte sich aufheben,

und dem entsprechend die Objecte nichts produciren; bei horizontaler Lage würden auf der Ober- und Unterseite die entsprechenden Bildungen entstehen, jedoch so, dass die Zahl und Länge derselben von den Enden aus eine allmälige Abnahme erführen. Bildete das Object mit nach oben sehender Spitze einen Winkel zwischen 0° und 90°, so würde die innere Kraft durch die Cosinus-Componenten der Schwerkraft eine Förderung erfahren, während die Sinus Componenten sich als Ober- und Unterflächen-Wirkung geltend machten. Es würden Triebe an der Spitze ringsum, und von da aus je nach der Neigung mehr oder weniger weit auf der Oberseite, Wurzeln in entsprechender Weise an der Basis und auf der Unterseite gebildet werden.

Wäre dagegen der Einfluss der Schwerkraft bedeutend geringer, als der der inneren Kraft, so würden sich die Verhältnisse anders gestalten. Bei vertical-aufrechter Stellung würde die letztere durch die erstere eine Förderung, bei vertical-verkehrter eine Hemmung erfahren, allein in beiden Fällen würde der Effect ein nur geringer und desshalb wenig sichtbarer sein. Hätte das Object dagegen horizontale oder stark geneigte Lage, so würde die Bildung der Producte an den Enden ringsum, und von da aus auf der Ober- und Unterseite stattfinden; es würde hier aber die Wirkung der Schwerkraft wegen ihres einseitigen Angriffs auf die beiden Seiten eine deutlicher sichtbare sein, und zwar um so mehr, je weiter von den Enden aus die Wirkung der inneren Kraft sich erstreckte.

Mit den gegebenen Andeutungen wollen wir uns hier begnügen. Eine weitere Ausführung des angedeuteten Gedankenganges kann erst im zweiten Theile der Arbeit erfolgen, auf den wir daher verweisen.

Versuchen wir nun, der Lösung der aufgeworfenen Fragen auf experimentellem Wege näher zu treten.

a. Versuche mit Weidenzweigen.

Das Verhalten der Zweige bezüglich des Auswachsens der Knospen, das wir zunächst allein in's Auge fassen wollen, bei vertical aufrechter Stellung ist früher genügend erörtert worden. Es ist klar, dass dasselbe allein zu keinen Schlüssen über die Wirkung der Schwerkraft führen kann. — Giebt man nun den Zweigen eine verschiedene Stellung zwischen der horizontalen und

der vertical aufrechten, so dass sie sich unter Neigungen sehr verschiedener Grade befinden, so zeigt sich im Allgemeinen folgendes Verhalten. Je kleiner der Winkel ist, den der Zweig mit der Lothlinie macht, um so mehr wachsen die Knospen an der Spitze und zwar ringsum auf allen Seiten aus; je grösser der Winkel wird, um so mehr bilden sich die Triebe ringsum an der Spitze und ausserdem, von dieser ausgehend, auf der Oberseite; bis endlich, wenn der Zweig eine horizontale Stellung hat, die Triebe unmittelbar an der Spitze noch ringsum, von dieser aus aber nur auf der Oberseite entstehen.

Dieses Resultat folgt aus einer grossen Reihe von Versuchen, welche speciell zu diesem Zweck im Frühjahr 1875 angestellt, und aus sehr zahlreichen Beobachtungen, welche bei Gelegenheit anderer Experimente zu den verschiedensten Zeiten gemacht wurden. Bei jenen Versuchen wurden stets nur möglichst senkrecht gewachsene, kräftige [1]) und, soweit als möglich, bis dahin stets allseitig gleichmässig beleuchtete Zweige gewählt. Diese wurden dann in Stücke geschnitten, welche mit möglichst gleich stark entwickelten Knospen besetzt waren, und die Stücke entweder mit der Basis oder unter Umständen mit der Spitze in mit einer niedrigen Wasserschicht versehene Trinkgläser gestellt, und hier unter sehr verschiedener Neigung befestigt. In anderen Fällen wurden die Stücke in mit Dampf gesättigte Glashäfen gestellt; und endlich noch eine Reihe anderer Vorkehrungen getroffen, deren Besprechung aber nicht nothwendig ist. Die ganzen Vorrichtungen wurden dunkel, oder, wenn sie zugleich zu Lichtversuchen dienen sollten, hell gestellt.

Im einzelnen betrachtet, zeigen die Versuchsobjecte ein sehr verschiedenes Verhalten. Die einen befolgen die allgemeine Regel streng; bei anderen entstehen die Triebe nur an der Spitze ringsum; bei anderen nur an der Spitze auf der Oberseite; bei anderen bilden sie sich auf der ganzen Oberseite bis zur Basis, wobei die Spitze in Bezug auf die Länge der Triebe gewöhnlich bevorzugt ist, eine Regel, von der sich jedoch ebenfalls Ausnahmen finden. In anderen seltneren Fällen endlich kommen auch Triebe entfernt von der Spitze aus Knospen der Unterseite hervor, doch bleiben dieselben gewöhnlich kürzer, als die der Oberseite. — Nach dem, was früher über die Verschiedenheit der Knospen

[1]) Die sogenannten „Holztriebe". Das Verhältniss derselben zu den übrigen Zweigen wird im zweiten Theile behandelt werden.

gesagt ist, dürfen uns die mannigfachen Ausnahmen von der allgemeinen Regel keineswegs in Verwunderung setzen.

Es war anfangs meine Absicht, durch Versuche genauer zu bestimmen, in welchem Verhältniss die Grösse des Neigungswinkels der Zweige zu dem Ort und der Zahl der auswachsenden Knospen steht; allein ich sah mich genöthigt, von diesem Vorhaben abzustehen. Die Verschiedenheiten in Bezug auf die Distanzen und, wenn auch in geringerem Grade, die Divergenzen der Knospen an den Zweigen selbst ein und desselben Strauches sind so gross, und die dadurch bedingten Schwierigkeiten in der Ausführung der Versuche so erheblich, dass selbst eine sehr grosse Anzahl von Experimenten nur ein annähernd übereinstimmendes Resultat ergeben könnte. Ich begnüge mich daher mit der Angabe des allgemeinen Ergebnisses, und führe aus den angestellten Versuchsreihen hier nur ganz wenige Einzelheiten an.

Die zunächst zu beschreibenden Objecte gehören einer Reihe an, bei welcher dieselben in Trinkgläsern angebracht wurden, deren Boden mit einer so niedrigen Wasserschicht bedeckt war, dass das apicale oder basale Ende nur wenige Millimeter tief in dasselbe hinabtauchte. Die ganze Vorrichtung war verdunkelt.

1. Zweigstück, 45 Ctm. lang, mit 15 Knospen besetzt. Die Neigung des Zweiges (von der Horizontalen aus gerechnet) beträgt 35°. Die Basis steht im Wasser; die Spitze sieht nach oben. Von den 15 Knospen wachsen — ein nicht häufig vorkommender Fall — 11 aus; und zwar unterbleibt das Auswachsen derjenigen 4 Knospen, welche auf der Unterseite oder seitlich unten auf der basalen Hälfte des Zweiges stehen. Alle übrigen Augen, welche auf der Oberseite der basalen Hälfte und auf der apicalen ringsum stehen, wachsen derart aus und entwickeln sich so, dass kaum ein Unterschied unter den Trieben der Spitze und der übrigen Theile zu bemerken ist.

2. Zweigstück, 44 Ctm. lang, mit 13 Knospen. Die Neigung beträgt 45°; die Basis steht im Wasser. Es wachsen aus das Apicalauge, das nach unten gerichtet ist; die 2. Knospe, welche nach oben sieht, und die dritte, die eine seitlich nach unten gerichtete Stellung hat. Nun folgen 4 Knospen, welche sich nicht entwickelt haben; die 8. dagegen, welche auf der Oberseite steht, ist wieder ausgewachsen; die darauf folgenden basalen 5 Knospen bleiben in Ruhe.

3. Zweigstück, 32 Ctm. lang, mit 13 Augen. Der Neigungswinkel hat eine Grösse von 45°; die Spitze steht im Wasser; die Basis ist also nach oben gerichtet. Das nach unten gerichtete Apicalauge bleibt in Ruhe; es wachsen aus die 2. nach oben sehende Knospe und die 3., welche seitlich oben steht. Die 4. seitlich nach unten sehende Knospe tritt eben aus ihrer Hülle. Die hierauf folgenden 6 Knospen bleiben im Ruhezustande; die 11. dagegen, welche nicht weit von der basalen Schnittfläche auf der Oberseite steht, wächst wieder aus. Die beiden letzten Augen bleiben in Ruhe.

Ich lasse nun die Beschreibung von 4 weiteren Zweigen folgen, welche unter verschiedener Neigung in einen Glashafen gestellt waren. Der letztere führte auf dem Boden eine niedrige Wasserschicht, und wurde während der ganzen Versuchsdauer dunkel gehalten.

1. Zweigstück, 25 Ctm. lang, mit 9 Knospen; die Basis steht im Wasser; die Neigung beträgt 60°. Es wachsen aus die beiden apicalen Knospen, von denen die erste eine seitliche, die zweite eine Stellung auf der Oberseite hat. Nun folgen 4 Knospen, von denen 2 auf der Ober-, 2 auf der Unterseite stehen; die ersteren treten eben aus den Hüllen, die letzteren bleiben ruhend. Die beiden folgenden Augen bleiben in Ruhe; das 8. mit Stellung auf der Oberseite ist wieder ausgewachsen; das 9. bleibt in Ruhe.

2. Zweigstück, 18 Ctm. lang, mit 7 Augen. Der Neigungswinkel beträgt 85°; die Basis befindet sich im Wasser. Es wachsen aus die beiden Apicalaugen, das erste am längsten. Alle übrigen bleiben ruhend.

3. Zweigstück, 18 Ctm. lang, mit 7 Knospen. Neigung: 35° über der Horizontalen. Die Spitze steht im Wasser. Die apicale Knospe sieht nach unten und wächst nur wenig aus; die 2., nach oben gerichtet, bildet einen langen Trieb. Das 3. Auge, auf der Unterseite befindlich, bleibt ruhend; das 4., seitlich oben stehend, erzeugt den zweitlangen Trieb; die folgenden 2 Knospen wachsen nicht aus, wohl aber das 7., das auf der Oberseite steht, zu einem ganz kurzen Triebe.

4. Zweigstück, 18 Ctm. lang, mit 7 Knospen. Neigung: 35° über der Horizontalen; die Spitze steht im Wasser. Es wachsen aus das Apicalauge zu einem langen Triebe; die 2. und 3. Knospe, seitlich nach unten sehend, bleiben ruhen. Das 4. Auge, nach

oben gerichtet, bildet sich aus; ebenso das 6., welches auf der Oberseite steht, während das 5. auf der Unterseite sich nicht ausbildet. Das 7. Auge bleibt ruhend.

Die Aufzählung weiterer Beispiele will ich unterlassen. Die eben gegebenen, welche frei aus einer grösseren Summe herausgegriffen sind, mögen genügen, um zu zeigen, auf welche Art die oben aufgestellte allgemeine Regel gewonnen wurde.

Einer besonderen Besprechung bedürfen die Versuche, in welchen die Zweige vertical verkehrt gehängt oder gestellt wurden. Es wurde wiederholt hervorgehoben, dass in diesen Fällen die Wirkung der Schwerkraft nicht mit derjenigen Deutlichkeit hervortritt, die man nach den Horizontal-Versuchen erwarten sollte. Diese Bemerkungen sind dahin zu ergänzen, dass, wenn man eine grössere Zahl von Versuchen in's Auge fasst, sich stets herausstellt, dass die grössere Summe von Ausnahmen von der früher abgeleiteten allgemeinen Regel für vertical hängende Zweige sich an den verkehrt gerichteten Objecten findet; eine Thatsache, die unzweifelhaft als eine Wirkung der Schwerkraft aufzufassen ist. Im Allgemeinen tritt dieselbe beträchtlich hinter den Einfluss der inneren Kraft zurück; ja diese gelangt in vielen Fällen zu so ausschliesslichem Ausdruck, dass man auf Grund der Vertical-Versuche allein kaum würde wagen können, die Existenz des Einflusses der Gravitation zu behaupten. Um diese darzuthun, muss man andere Wege einschlagen, um von den so gewonnenen Resultaten einen Rückschluss auf jene machen zu können.

Die allgemeine Regel des Verhaltens horizontal gestellter Zweige wurde schon mitgetheilt. Es sollen nun einige Einzelheiten und besondere Versuchsformen specieller besprochen werden.

Möglichst frei und senkrecht gewachsene Zweige, die mit möglichst gleich entwickelten Primär-Knospen besetzt waren, wurden vermittelst weicher Kautschuckpfropfen mit ihren Basen in zweihalsige Glascylinder geführt, so zwar, dass die basale Schnittfläche und ein kurzes Stück des Zweiges über derselben in das Glas, der ganze übrige Theil aber horizontal in die Luft ragte. Die Cylinder wurden durch die zweite, nach oben gerichtete Oeffnung mit Wasser gefüllt, und dann, je nach Bedürfniss, hell oder dunkel gestellt. Die Lage, welche dem Apicalauge der Zweige gegeben wurde, war eine verschiedene; bald stand es auf der Ober-, bald auf der Unterseite.

Das Auswachsen der Knospen geschah nun in folgender Art. Die der Spitze wuchsen fast regelmässig aus, gleichviel ob sie auf der Ober- oder Unterseite standen. Sah das Apicalauge nach oben, so durchbrach es nicht nur zuerst seine Hülle, sondern bildete auch gewöhnlich den längsten Trieb. Dasselbe geschah häufig auch dann, wenn es auf der Unterseite stand, während es in anderen Fällen hinter den nächstfolgenden Trieben der Oberseite an Stärke zurückblieb. Von den Augen der Unterseite wuchsen in manchen Fällen ausser dem, welches der Spitze am nächsten stand, keine weiteren aus; in anderen dagegen geschah dies, und zwar besonders dann, wenn der Zweig viel plastisches Material enthielt, und die Knospen in der Nähe der Spitze gedrängt zusammen standen. Die weiter von der letzteren entfernten Knospen blieben gewöhnlich in Ruhe. Die Stärke derjenigen Triebe, welche der Unterseite entsprangen, stand in der Regel hinter der der Sprosse auf der Oberseite zurück. Auf dieser wuchsen die Knospen auf mehr oder minder weite Strecke von der Spitze aus; nicht selten bildeten sich vereinzelte Triebe nicht weit von der Basis. Führten die Zweige reichlich plastisches Material, so war oft fast die ganze Oberseite eines Zweiges mit Trieben bedeckt, deren Länge von der Spitze aus allmälig abnahm.

Macht man die eben beschriebenen Versuche mit Zweigen, welche mit Secundär-Knospen besetzt sind, so erhält man im Allgemeinen das gleiche Resultat, nur werden wegen der häufiger vorkommenden Ungleichheit der Knospen die Ausnahmen von der Regel häufiger. Manchmal beobachtet man den Einfluss der Stellung in auffallender Weise. Stehen zwei gleichentwickelte zu einer früher vorhandenen primären gehörige Secundär-Knospen an der Seite des Zweiges, so, dass die eine der oberen, die andere der unteren Hälfte des letzteren angehört, so wächst manchmal nur das der oberen Hälfte angehörige aus, während das andere in Ruhe bleibt. In anderen Fällen entwickeln sich beide, aber das obere stärker, als das untere. Gelegentlich kommt zwar auch hier der umgekehrte Fall vor, allein die zuerst beschriebenen Vorkommnisse sind die am häufigsten zu beobachtenden.

Um nun zunächst den Beweis zu liefern, dass lediglich die veränderte Lage des Zweiges die Ursache des abweichenden Auswachsens der Knospen ist, wurde folgendes Verfahren einge-

schlagen. Möglichst senkrecht gewachsene und mit möglichst gleichmässig entwickelten Knospen besetzte Zweige wurden wieder in die Seitenöffnungen der beschriebenen Gläser gesteckt. Nachdem die Knospen der Spitze und der Oberseite wenig ausgewachsen waren, wurden die Zweige 180° um ihre Längsaxe gedreht, sodass die frühere Unterseite jetzt zur Oberseite wurde. Es stellte sich nun heraus, dass die früher ausgewachsenen, jetzt auf der Unterseite befindlichen Knospen bald in der Entwickelung stehen blieben, während einzelne Knospen auf der nunmehrigen Oberseite auswuchsen. Nach nicht langer Zeit gingen die kurzen Triebe der Unterseite völlig zu Grunde. Es geschah dies, gleichviel ob die Versuche dem Tageslicht oder dem Dunkel ausgesetzt wurden.

Noch eines weiteren Versuches ist hier zu erwähnen. Ein langer Weidenzweig, mit 30 Knospen besetzt, der an der Mutterpflanze eine senkrecht aufrechte Stellung hatte, wurde von derselben genommen, und in die Seitenöffnung eines der erwähnten Cylinder gesteckt, so dass er in genau horizontale Lage kam. Die äusserste Spitze war dem Zweige genommen. Von den 30 Knospen waren 13 soweit entwickelt, dass eben die ersten grünen Blätter aus den Hüllen getreten waren; die der Spitze nächststehenden waren natürlich die weitestentwickelten. Die ganze Vorrichtung wurde dem Tageslicht so ausgesetzt, dass dasselbe von der Seite einfiel. Als der Zweig in die neue Lage gebracht worden war, wuchsen zunächst noch drei weitere Knospen aus, welche auf die schon entwickelten folgten, aber lediglich der Oberseite angehörten; die der Blattspirale nach zwischen ihnen befindlichen, auf der unteren Stammhälfte stehenden blieben in Ruhe. Die früher entwickelten Triebe der Unterseite krümmten sich negativ-geotropisch nach oben, und wuchsen zunächst noch etwas weiter. Bald blieben sie jedoch im Wachsthum stehen, und gingen später von der Basis aus nach der Spitze hin allmälig zu Grunde. Anders verhielten sich die Triebe der Oberseite; sie wuchsen anfänglich rascher in die Länge, als die der Unterseite; am weitesten entwickelten sich die der Spitze. Zu der Zeit, in welcher die Triebe der Unterseite schon längst abgestorben waren, standen sie noch ziemlich frisch; später jedoch gingen sie ebenfalls zu Grunde, und zwar in genau derselben Weise, wie die der Unterseite, nämlich von der Basis nach der Spitze hin.

Aehnliche Versuche habe ich mit Zweigen der Pappel, Populus pyramidalis, angestellt. Das Resultat, welches sich ergab, war ein dem eben beschriebenen völlig conformes.

Die vorhin erörterten Versuchs-Objecte wurden, wie schon erwähnt, theils der Finsterniss, theils dem Tageslicht ausgesetzt. Das letztere selbst wurde in sehr verschiedenen Helligkeitsgraden geboten; bald fiel es von oben, bald von der Seite ein. In diesen Fällen liess sich kein besonderer Einfluss des Lichtes constatiren; jedenfalls war der Vorzug, den die beleuchtete Seite betreffs des Auswachsens der Knospen aufwies, so gering, dass, wenn vielleicht vorhanden, er sich doch nicht mit Sicherheit constatiren liess. Stets verhielten sich die Zweige nach der vorhin beschriebenen Regel. Um aber die Wirkung der Schwerkraft gegenüber dem Einfluss des Lichtes noch schärfer zu zeigen, wurde folgender Versuch angestellt. Wieder wurden die Zweige horizontal in die Seitenöffnung der Glascylinder gesteckt, und dann so auf ein über einem Fenster angebrachtes Brett gestellt, dass die Zweige frei in die Luft ragten, und nun am stärksten von unten beleuchtet waren. Auch jetzt wuchsen vorwiegend die Knospen der Spitze und der Oberseite aus; ein deutlicher Einfluss des Lichtes war nicht zu gewahren.

Aus den eben angeführten Versuchen folgt, dass, wenn ein ursprünglich senkrecht gewachsener und mit gleichförmig entwickelten Knospen besetzter Zweig in eine geneigte oder horizontale Lage gebracht wird, der Ort der nun auswachsenden Knospen durch zwei Kräfte bestimmt wird, der schon bekannten Spitzenwirkung und einer äusseren Kraft, welche in der Richtung der Lothlinie wirkt, und das Auswachsen der Knospen auf der Oberseite befördert. Wir haben vorläufig angenommen, dass diese Kraft die Schwerkraft sei. Wie unsere Drehungsversuche lehren, ist der Einfluss derselben derart, dass nicht etwa ein einmaliger, anfänglich gegebener Anstoss genügt, um den Ort des Auswachsens und die Entwickelung der Triebe für immer zu bestimmen, sondern es ist unter den gegebenen Bedingungen ihre Einwirkung fortdauernd nothwendig, um den fraglichen Effect hervorzurufen.

Die bisher erörterten Versuche hatten den Zweck, das Verhalten der Knospen an solchen Zweigen festzustellen, welche in trockner oder nur schwach mit Wasserdampf gesättigter Luft vegetirten. Die äussere Umgebung war demnach eine den natür-

lichen Bedingungen im Allgemeinen entsprechende, abgesehen von der Beleuchtung, die bald gestattet, bald ausgeschlossen wurde.

Ausser diesen Versuchen wurde fast während der ganzen Dauer der Untersuchung immer von Neuem das schon von *Duhamel* angestellte einfache Experiment wiederholt, Weidenzweige horizontal in Erde zu legen. Es wurden dazu meist grosse Thonschalen verwendet, und in diese auf eine Erdschicht Zweige von sehr verschiedener Länge und Dicke gelegt, diese mit einer Erdschicht von etwa 5 Ctm. Höhe bedeckt, und das Ganze dann gewöhnlich noch in ein dunkles Zimmer gestellt. Die Erde wurde stets mässig feucht gehalten. Selbstverständlich kann man hierzu keine ganz jungen Zweige verwenden, sondern nur solche, welche mindestens 5—6 Monate alt sind. Gewöhnlich wurden ein- bis mehrjährige genommen.

Wenn die in der eben beschriebenen Weise behandelten Zweige mit möglichst gleichmässig entwickelten Knospen besetzt sind, so sind die Erscheinungen, welche in Betreff des Auswachsens derselben beobachtet werden, ähnlich denen, welche sich aus den früheren Versuchen ergaben. Es bilden sich die Knospen an der Spitze ringsum, und ausserdem auf der Oberseite mehr oder weniger weit von der Spitze entfernt aus. — Wählt man dagegen ältere Zweige, zumal solche, welche grössere Zweignarben führen, zum Versuch, so beobachtet man zahlreiche Abweichungen von der allgemeinen Regel; ja diese gehen häufig soweit, dass von der letzteren gar nichts mehr zu erkennen ist. Sind grössere Narben an den Zweigen vorhanden, so wachsen häufig die in der Nähe derselben befindlichen Knospen zu den längsten Trieben aus, gleichviel ob die Narbe nach unten oder nach oben sieht.[1]) — Nach dem, was früher in dem Abschnitt über Dignität der Knospen und Bedeutung der Narben gesagt worden ist, bedarf das erwähnte Verhalten keiner näheren Besprechung mehr.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Auswachsens der Wurzeln über. Nach Analogie der Knospenentwickelung liesse sich erwarten, dass dieselben bei den verschiedenen Neigungen an der Basis rings um den Zweig, und von da aus mehr oder weniger weit auf der Unterseite entstehen würden. In Wirklichkeit zeigt sich aber, dass sie im Allgemeinen die Regel viel weniger

[1]) Dieselbe Beobachtung machte *Kny* an Cornus- und Sambucus-Zweigen l. c. S. 7.

befolgen als die Knospen bezüglich ihres Auswachsens. Dies bezieht sich jedoch zunächst lediglich auf die mehr oder weniger lang ausgewachsenen Wurzeln, welche nach kürzerem oder längerem Verweilen der Objecte in wasserdampfgesättigter Atmosphäre oder in gleichmässig feuchter Erde gezählt werden; die ersten Stadien des Auswachsens kommen dabei nicht in Betracht. — Auch hier habe ich, zumal unter einjährigen und möglichst gleichmässig entwickelten Zweigen eine Reihe von Fällen beobachtet, welche streng der früher entwickelten Erwartung entsprachen; es waren Wurzeln an der Basis ringsum, und von dieser ausgehend weitere auf der Unterseite gebildet worden, deren Länge abnahm, je weiter sie von der Basis entfernt standen. An zahlreichen anderen Stücken waren die Wurzeln lediglich auf die Basis beschränkt. Dann kamen solche vor, an denen dieselben vereinzelt auf der ganzen Unterseite ausgewachsen waren; dann solche, an denen sie ausserdem, wenn auch in geringerer Zahl, auf der Oberseite auftraten. Die Fälle, in denen die Wurzeln auf der Oberseite und Unterseite, jedoch auf der letzteren, zumal nach der Basis hin, zahlreicher ausgewachsen waren, wurden am häufigsten beobachtet. Manchmal ist die Basis bloss dadurch ausgezeichnet, dass eine oder einige in ihrer Nähe stehende Wurzeln eine sehr beträchtliche Länge oder Stärke erhalten. — Verwendet man ältere Zweige, die mit Narben besetzt sind, zum Versuch, dann kommen, wenn auch nur vereinzelt, Fälle vor, in denen die Wurzeln vorwiegend auf die Mitte oder selbst die apicale Hälfte der Zweige beschränkt sind; Erscheinungen, die einer genaueren Besprechung nicht mehr bedürfen. Zu bemerken ist noch, dass niemals ein Fall beobachtet wurde, in welchem die Wurzeln nur auf der Oberseite gestanden wären.

Anmerkung. Um zu sehen, ob die einseitige Berührung der Zweige mit feuchter Erde auf das Resultat der Versuche verändernd einwirkt, wurden 1—2jährige Zweige horizontal bis zu halber Dicke in mässig feuchte Erde gelegt, welche den Boden eines verschliessbaren Zinkkastens bis zu etwa 10 Ctm. Höhe bedeckte. Daneben wurden andere soweit als möglich ähnliche Zweige gelegt, welche ganz mit einer dünnen Schicht Erde bedeckt wurden. Der Kasten wurde geschlossen und dann noch in die Dunkelkammer gestellt. — Es fand sich, dass in beiden Fällen ziemlich gleichviel Wurzeln gebildet wurden, welche in ihrer Stellung mit einiger Genauigkeit die allgemeine Regel befolgten. Die Zahl der producirten Wurzeln war eine sehr beträchtliche. An den Zweigen, welche ganz mit Erde bedeckt

Die zuletzt gemachten Angaben bezogen sich ausschliesslich auf das Endresultat der Versuche, auf die wirklich ausgewachsenen Wurzeln. Wir wollen nun sehen, wie die Schwerkraft auf die ersten Stadien der Entwickelung der vorhandenen Wurzelanlagen einwirkt. — Zweige von der bekannten Form von Salix viminalis wurden in die Seitenöffnungen zweihalsiger Flaschen gesteckt, so dass sie genau horizontal in die Luft ragten. Die Basis befand sich bis auf kurze Strecke in Wasser; die apicale Schnittfläche war mit Lack verschlossen. Die ganze Vorrichtung wurde in einen möglichst finstern Raum gestellt. Bei der Wahl der Zweige wurde die höchste Vorsicht gebraucht. Es wurden nur möglichst senkrecht gewachsene Zweige genommen, und ferner darauf gesehen, dass dieselben am Mutterstamm eine möglichst gleichmässige Beleuchtung erfahren hatten. Ich will den Verlauf eines solchen Versuches näher beschreiben.

Ein sehr kräftiger einjähriger Zweig von S. viminalis, 86 Ctm. lang und von 14 Mm. mittlerer Dicke, wurde in die beschriebenen Verhältnisse gebracht. Zeit des Versuches: Anfang April; Temperatur 14—12° C., daher der ganze Entwickelungsprocess ziemlich langsam. — Nach Verlauf von 7 Tagen zeigten sich an der Basis im Wasser die ersten Anschwellungen, und zwar hier auf der Ober- und Unterseite. Ausserdem aber waren 5 Anlagen in der Nähe der Basis an dem in der Luft befindlichen Theile vorhanden; sie standen ausschliesslich auf der unteren Zweigseite an den früher näher bezeichneten Plätzen. Nach weiteren 6 Tagen hat die Zahl der Anschwellungen auf dem von der Luft umgebenen

---

waren, traten die Wurzeln der Oberseite bald aus der Erdoberfläche hervor, und wuchsen auf kurze Strecke geradlinig in die Luft, um dann im Wachsthum still zu stehen. Ebenso erzeugten auch die Oberseiten der Zweige, welche nur bis zu halber Dicke in Erde lagen, Wurzeln, und zwar in etwa gleicher Zahl, wie die vorigen; allein dieselben erreichten nur eine geringe Länge, ein Umstand, der jedenfalls auf den ungenügenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft in dem Kasten zurückzuführen war.

Ganz ähnliche Versuche wurden angestellt, nur mit dem Unterschiede, dass die Zweige horizontal bis zu etwa halber Dicke in Wasser gelegt wurden. Da das dabei erhaltene Resultat ein der Hauptsache nach dem vorigen gleiches war, so können wir auf eine nähere Besprechung desselben verzichten.

Was das Auswachsen der Knospen anlangt, so verhielt sich dasselbe im Allgemeinen ebenso, wie in den früher besprochenen Fällen, in denen die Zweige unter anderen Bedingungen vegetirten.

Theile der Unterseite auf 11 zugenommen, während auf der Oberseite 4 ganz schwache Wurzelhügel sichtbar werden. Es verfliessen 7 Tage, und nun stehen auf der Oberseite bis zu einer Länge von 23 Ctm. über der Basis 13 Anlagen, auf der Unterseite bis zu derselben Länge 17. Nach der Spitze hin finden sich auf der Oberseite keine weiteren Anschwellungen mehr, wohl aber auf der Unterseite bis zur Spitze hin deren noch 19. In der nächsten Zeit treten auf beiden Seiten noch weitere Anlagen auf. Als nach 2 Monaten der Versuch beendigt wurde, war das Verhältniss folgendes. Auf der Unterseite standen von der Basis bis zur Spitze 40 Anlagen, auf der Oberseite 32. Bei allen diesen Zahlen ist zu bemerken, dass diejenigen Anlagen nicht berücksichtigt wurden, welche auf den Horizontalseiten eine solche Stellung einnahmen, dass es schwer zu entscheiden war, ob sie der Ober- oder Unterseite angehörten.

Der eben beschriebene Versuch wurde einige Male wiederholt, und ergab stets ein ähnliches Resultat.

Es sei nun das Verhalten eines Zweiges erörtert, der an der Mutterpflanze eine horizontale Stellung hatte, und in derselben, die frühere Oberseite wieder nach oben gewendet, dem Versuch in der vorhin erwähnten Art ausgesetzt wurde. Die Länge dieses Zweiges betrug 62 Ctm., die mittlere Dicke 11 Mm. An der Spitze standen einige junge Triebe, welche nebst dem zugehörigen Theile des Mutterzweiges fortgenommen wurden. Der Versuch begann am 24. Mai. — Am 29. Mai wurden auf der Unterseite die ersten schwach vorspringenden Wurzelanschwellungen sichtbar. Am 2. Juli fanden sich auf der Unterseite 17 Anschwellungen, deren relative Anzahl von der Basis nach der Spitze abnahm, aber bis in die Nähe der letzteren reichte. — Am 12. Juni ergab die Zählung, dass auf der Unterseite 27 Anlagen, auf der Oberseite nur 16 angeschwollen waren, die in beiden Fällen bis in die Nähe der Spitze reichten. — Bis zum 12. Juli stieg die Zahl der Anlagen auf der Oberseite auf 22, während sie auf der Unterseite gleich blieb. — Weitere Veränderungen wurden in der Folge nicht mehr wahrgenommen.

Nunmehr wurde ein an der Mutterpflanze ebenfalls horizontal stehender Zweig in der eben beschriebenen Art zum Versuch benutzt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die frühere Unterseite nach oben gekehrt wurde. An ihm entstanden die Wurzel-

anschwellungen rings um den Zweig ziemlich gleichmässig. Nach 2 Wochen fanden sich auf jeder Seite 7 Anlagen; nach 2 Monaten auf der Oberseite 13, auf der Unterseite 11 Anlagen.

Zu diesen Versuchen ist zu bemerken, dass nur, wie schon erwähnt, der erstgenannte mit ähnlichem Erfolge wiederholt, dass dagegen die beiden letzteren nur je einmal angestellt wurden. Eine Wiederholung derselben war wegen der schon vorgeschrittenen Jahreszeit nicht wohl möglich.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass, wenn durch Abschneiden eines Zweiges vom Mutterstamm der innere Impuls zur Wurzelbildung gegeben wird, das Auswachsen der Anlagen auf der Unterseite rascher erfolgt, als auf der Oberseite; dass jedoch im weiteren Verlaufe der Unterschied meist beträchtlich gemildert wird. — Sollte sich durch weitere Untersuchung das Resultat der beiden zuletzt genannten Versuche bestätigen, so würde die Schwere auf die Grösse oder Entwickelungsfähigkeit der Wurzelanlagen in der Rinde der Zweige auch dann schon einen Einfluss haben, wenn die letzteren noch an der Mutterpflanze stehen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dies der Fall, und jedenfalls ist dieser Umstand bei den einschlagenden Versuchen in Frage zu ziehen.

Es wurde bisher stets stillschweigend angenommen, dass die Schwerkraft die Ursache der Erscheinungen sei, welche sich an den Zweigen zeigen, die aus ihrer normal senkrechten in eine geneigte oder horizontale Lage gebracht werden. Allein soviel Wahrscheinlichkeit diese Annahme auch hatte, sie bedurfte doch noch eines strengeren Beweises. Dieser wurde in folgender Art erbracht.

War es richtig, dass die Schwere die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Ober- und Unterseite bildete, dann musste bei langsamer Drehung von in horizontaler Lage befestigten Zweigen um eine horizontale Axe ihre einseitige Wirkung aufgehoben werden, und die Objecte im Wachsthum sich so verhalten, wie wenn sie dem Einfluss derselben völlig entzogen wären; vorausgesetzt, dass die Langsamkeit der Drehung das Zustandekommen einer Centrifugalwirkung verhinderte. — Würde dagegen die Drehung so stark beschleunigt, dass die dadurch erzeugte Centrifugalkraft ungefähr der Schwerkraft gleich käme, so müsste wieder ein verschiedenes Verhalten der beiden Längsseiten, d. h.

der der Drehungsaxe zu- und der ihr abgewandten, eintreten; auf der ersteren müssten Wurzeln, auf der letzteren Knospen auswachsen, ein Vorgang, der dann mit der Wirkung von Spitze und Basis natürlich zu einer Combination zusammenträte. — Den zuletzt angedeuteten Centrifugal-Versuch konnte ich wegen Mangels an einem passenden Apparat nicht ausführen; dagegen wurde der Rotations-Versuch wiederholt angestellt. Es geschah dies mit dem von *Sachs* [1]) construirten bekannten Apparat zur langsamen Rotation. Versuche und Resultate waren folgende.

Auf die horizontale drehbare Axe wurden 2 Korkscheiben von 12 Ctm. Durchmesser geschoben, und in einer gegenseitigen Entfernung von 56 Ctm. unverrückbar befestigt. Zwischen den Korkscheiben, nahe der Peripherie derselben, wurden 12 einjährige Zweige der bekannten Form von Salix viminalis befestigt, auf deren Auswahl selbstverständlich die grösste Sorgfalt verwendet war. Ueber die ganze Vorrichtung wurde ein Glasgehäuse gestülpt, das nur an den Durchgangspunkten der horizontalen Drehungsaxe geöffnet war. Unten stand das Gehäuse in einem mit einer Wasserschicht versehenen Zinkbehälter. Die ganze Innenseite des ersteren war mit weissem Fliesspapier ausgekleidet, das bis in das Wasser des Zinkgefässes hinabragte. Einmal mit Wasser getränkt, hielt sich dann das Papier ununterbrochen feucht; und erfüllte nebst der Wasserschicht am Boden den ganzen Innenraum des Gehäuses möglichst gleichmässig mit Wasserdampf. Das Ganze wurde verdunkelt, und dann das Uhrwerk in Bewegung gesetzt. In etwa 25 Minuten führte die Axe eine Drehung aus.

Das Resultat des Versuches war folgendes. An nahezu allen Zweigen waren Spitze und Basis in ähnlicher Weise ausgesprochen, wie an den vertical aufrecht aufgehängten Zweigen. Die ausgewachsenen Triebe standen ringsum gleichmässig um die Spitze, und ihre Länge nahm im Allgemeinen mit der Entfernung von der Spitze ab. Genau das umgekehrte Verhältniss fand sich hinsichtlich der Wurzeln an der Basis. Selbstverständlich kam auch hier ein oder der andere Fall vor, in welchem eine Knospe an der Nähe der Spitze ruhend blieb, und dafür eine tiefer stehende auswuchs; dasselbe geschah bezüglich der Wurzeln an der Basis.

---

[1]) *J. Sachs.* Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Bd. I. Leipzig, 1874. S. 389.

Dadurch und durch andere störende Umstände wurden geringe Ungleichheiten der Zweiglängsseiten hervorgerufen, allein diese Vorkommnisse vermochten das Gesammtresultat ebenso wenig zu stören, wie es hinsichtlich der Ausnahmen bei den Vertical-Versuchen der Fall war.

Der eben beschriebene Versuch wurde von Neuem angestellt, jedoch mit dem Unterschiede, dass anstatt der einjährigen etwa 4 Monate alte, sehr kräftige Zweige von Salix pruinosa, viminalis und grandifolia verwendet wurden. Die Länge dieser Zweige betrug 45 Ctm. Ausser den zwischen den Korkscheiben befestigten 12 Zweigstücken wurden noch weitere 7 auf kleinen frei in dem Raume des Glasgehäuses angebrachten Brücken niedergelegt, die also völlig denselben Bedingungen ausgesetzt waren, wie jene, nur sich nicht bewegten. Der Verlauf dieses Versuches war überaus lehrreich. — An den rotirenden Zweigen verhielten sich Spitze und Basis hinsichtlich der Bildung von Trieben und Wurzeln genau wie an vertical-aufrecht gehängten. Die Apical-Knospen wuchsen in einer Zahl von 4—6 rings um die Spitze aus, während an der Basis eine grössere oder geringere Zahl von Wurzeln erzeugt wurde, die in der Nähe der basalen Schnittfläche ringsum aus der Rinde hervorkamen, oder vereinzelt auch direct aus dem Callus der Schnittfläche entsprangen. — Anders die Zweige, welche nicht gedreht wurden. Auch an ihnen waren die Knospen vorwiegend in der Nähe der Spitze ausgewachen, und zwar entweder nur die der Oberseite, oder ausserdem noch das apicale der Unterseite, dessen Trieb dann aber erheblich kürzer blieb, als die nach oben gerichteten. In ein paar Fällen fand das Auswachsen der Augen auf der Oberseite bis zur Mitte der Zweige statt. An dreien dieser Zweige waren Wurzeln nur unmittelbar an der Basis ringsum gebildet; an vier jedoch, die der S. pruinosa angehörten, auch weiter entfernt von der Basis, in einem Falle sogar bis zur Mitte des Zweiges. Alle diese nicht in nächster Nähe der Basis befindlichen Wurzeln gehörten ausschliesslich der Unterseite an.

Nachdem bei der hohen Temperatur in der zweiten Hälfte des Juli und der ersten Hälfte des August in einem Zeitraume von drei Wochen sich die eben beschriebenen Verhältnisse herausgebildet hatten, wurde der Versuch unterbrochen. Das Uhrwerk wurde zum Stillstand gebracht, und die bisher gedrehten Zweige

in ruhender Horizontallage der weiteren Entwickelung überlassen. Nach Verlauf von weiteren 17 Tagen wurde der Versuch beendigt. An 7 unter den 12 Zweigen waren nachträglich während der Ruhelage vereinzelte Augen ausgewachsen; alle diese gehörten lediglich der Oberseite an, und reichten in drei Fällen sogar bis über die Mitte der Zweige hinaus. Aehnlich verhielten sich die Zweige hinsichtlich der Wurzeln. Diejenigen, welche nachträglich gebildet waren, fanden sich lediglich auf der Unterseite, und zwar in abnehmender Menge von der Basis nach der Mitte der Zweige hin. An zwei Zweigen war die Zahl dieser Wurzeln eine sehr beträchtliche, und sie standen fast kammartig an den bezeichneten Orten. — An den von Anfang an in ruhender Horizontallage befindlichen Zweigen hatte sich nachträglich nichts geändert.

Von Interesse war noch das Verhalten von vier Zweigen der Salix pruinosa. An ihnen waren die zuerst ausgewachsenen Primär-Augen der Spitze später zu Grunde gegangen, nachträglich aber nicht, wie sich vielleicht erwarten liesse, die auf jene folgenden primären, sondern vielmehr die secundären Knospen der verfaulten primären ausgewachsen. Dieser Umstand dürfte sowohl einer besonders kräftigen Wirkung der Spitze, als auch dem lebhaften Stoffwechsel zuzuschreiben sein, der sich an der Basis der anfänglich ausgewachsenen primären Knospen geltend machte. Doch ist zu bemerken, dass das beschriebene Auswachsen der Secundär-Sprosse nur auf der Oberseite vor sich gegangen war. — Ein ganz ähnlicher Process hatte an den Basen der Zweige hinsichtlich der Wurzeln stattgefunden. Ausser den erstangelegten Wurzeln, die theilweise zu Grunde gegangen waren, hatten sich noch weitere entwickelt, welche in kurzen Längsreihen von 3 — 6 zusammen standen, und die Basis wie einen Schopf umgaben. Auch hier liess sich deutlich die Basis und die Unterseite in Bezug auf Zahl und Länge der Wurzeln erkennen.

Es ist unzweifelhaft, dass die meisten dieser Wurzeln echte Neubildungen darstellten, nicht etwa bloss schon vorhanden gewesene Anlagen. Die letzteren sind in der Rinde von Zweigen des fraglichen Alters schon nachweisbar; sie stehen an den früher erwähnten Orten, aber nie in so beträchtlicher Zahl, als in unseren Versuchen Wurzeln auftraten. Es gilt das, was schon früher gesagt wurde: sollten alle diese Wurzeln aus schon vorhandenen Anlagen hervorgehen, so müsste man beim Untersuchen

fast die ganze innere Rinde mit Wurzelanlagen erfüllt finden, was thatsächlich nicht der Fall ist.

Auf Grund der eben besprochenen Experimente dürfen wir mit voller Gewissheit schliessen, dass es die Schwerkraft ist, welche das Verhalten der aus der verticalen in die horizontale Lage übergeführten Zweige bedingt. Zur Vorvollständigung des Nachweises würde allerdings noch gehören, dass man vermittelst sehr rascher Rotation die Centrifugal-Kraft anstatt der Schwerkraft einwirken liesse; ein Versuch, den ich, wie erwähnt, bisher nicht angestellt habe. Uebrigens darf man in Rücksicht auf die bis jetzt ausgeführten Untersuchungen über den Geotropismus, auf die wir später noch zurückkommen werden, mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit annehmen, dass es lediglich die Schwerkraft ist, welche die uns beschäftigenden Erscheinungen hervorruft. Ueber das Verhältniss der Grösse ihrer Wirksamkeit zu der der inneren Kraft lässt sich zur Zeit nichts Bestimmtes angeben. Nur soviel ist sicher, dass sie beträchtlich hinter diese zurücktritt, und dass daher von den Eingangs gegebenen theoretischen Erwägungen diejenige zutrifft, in welcher dieser Fall angenommen wurde.

Den besprochenen ähnliche Versuche wurden mit Zweigen von Lycium barbarum angestellt. Ueber diese kann aber erst später berichtet werden.

b. Versuche mit Zweigen von Heterocentron diversifolium.

In den bisher untersuchten Fällen handelte es sich vorzugsweise um die Wirkung der Schwerkraft auf die Ausbildung schon vorhandener ruhender Anlagen. Wir wollen nunmehr specieller solche Vorkommnisse studiren, in denen unter einer bestimmt gerichteten Wirkung der Schwere Wurzeln an Orten entstehen, an denen sie unter normalen Verhältnissen nicht auftreten würden, an denen ihr Ort hauptsächlich durch die Schwerkraft bestimmt wird.

Nach den Erfahrungen, die wir an holzigen Pflanzen gemacht haben, bei dem häufigen Vorhandensein versteckter Wurzelanlagen in der Rinde, liess sich kaum erwarten, dass unter ihnen ein geeignetes Object für die Entscheidung der vorliegenden Frage zu finden sein würde. Es richtete sich daher der Blick naturgemäss auf junge Triebe krautiger Pflanzen, an denen sich durch

Beobachtung der Wachsthumsweise und anatomische Untersuchung der Nachweis führen liess, dass keine verborgenen Anlagen vorhanden waren.

Unter einer grösseren Anzahl darauf hin geprüfter Pflanzen erwies sich das früher schon besprochene Heterocentron diversifolium als die geeignetste, und die damit erhaltenen Resultate lassen kaum zu einem Zweifel Raum. Die uns interessirenden morphologischen und anatomischen Eigenschaften dieser Pflanze sind oben schon erörtert worden; wir können desshalb sogleich zum Versuch übergehen.

Frisch getriebene, mit der noch wachsenden Spitze versehene, 6—12 Ctm. lange Zweige der erwähnten Pflanze, werden in gewohnter Art aufrecht und verkehrt in Glashäfen aufgehängt, und diese theils dunkel, theils in diffuses Tageslicht gestellt. Bei genügend hoher Temperatur zeigen sich bald an den Basen aller Zweige die bekannten Anschwellungen, die alsbald zu Wurzeln auswachsen. In den meisten Fällen bleibt es nun bei diesen Wurzeln an der Basis bewendet. Bei den aufrecht hängenden geschieht dies fast immer; bei den verkehrt hängenden dagegen findet sich nicht selten der Fall, dass ausser jenen noch weitere Wurzeln nach der Spitze hin entstehen, und zwar nicht bloss an den Knoten, sondern an beliebigen Plätzen im Internodium, an Orten, wo dieselben sonst fast nie vorkommen. Gewöhnlich entfernen sie sich nicht sehr weit von der Basis; in besonderen Fällen dagegen können sie zerstreut auf der ganzen Zweiglänge, selbst in geringer Entfernung von der Spitze auftreten. (Taf. II, Fig. 8. Ein möglichst getreu gezeichneter Fall.)

Der Einwurf, dass wir es hier möglicher Weise auch mit schon vorhandenen, sich nur ausbildenden Anlagen zu thun hätten, fällt aus den schon oben entwickelten Gründen weg. Wurzeln an älteren Knoten, die aus solchen Anlagen hervorgehen, lassen sich fast stets mit Sicherheit unterscheiden.

Die beschriebenen Verhältnisse entwickeln sich in derselben Weise, gleichviel ob die Gläser dunkel oder in diffuses Tageslicht gestellt werden. — Will man die Zweige dem Dunkel aussetzen, so thut man am besten, die Blätter abzuschneiden, da dieselben doch meist sehr bald in Fäulniss übergehen. Sollen die Zweige dagegen im diffusen Tageslicht wachsen, so lässt man

den Zweigen besser einige Blätter, wenigstens die apicalen. — Im Allgemeinen geht der Entwickelungsprocess im Finstern langsamer vor sich, als im Hellen, und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach desshalb, weil die wenigen vorhandenen Blätter und die Zweigrinde im Tageslicht etwas assimiliren, und dadurch das in den Stücken vorhandene geringe Quantum verfügbarer plastischer Substanz vermehren. — Auch gehen die Zweige im Finstern nicht selten rasch in Fäulniss über, was im Hellen nur sehr wenig vorkommt.

Die ersten einschlagenden Beobachtungen an den Zweigen des Heterocentron machte ich im Herbst 1874. Unter den Zweigen verschiedener Pflanzenarten, welche probeweis der Untersuchung unterworfen wurden, befanden sich auch zwei der erwähnten. Der eine hing vertical aufrecht, der andere verkehrt. An ihnen zeigte sich in auffallender Weise der vorhin beschriebene Gegensatz, und durch sie wurde ich auf die Eigenthümlichkeit der Zweige aufmerksam gemacht. — Im Sommer 1875 zog ich mir selbst einige Pflanzen im Zimmer, und machte mit den Zweigen derselben während der wärmeren Monate sowohl die zuletzt, als die früher beschriebenen Versuche. Unter der beträchtlichen Zahl sich normal verhaltender aufrecht hängender Zweige wurde nur eine Ausnahme beobachtet: es bildeten sich an demselben ausser dem Kranz von Wurzeln über der Basis noch zwei weitere, von denen die eine 5, die andere 10 Mm. von der letzteren entfernt aus dem Internodium entsprangen. Der ganzen Erscheinung nach waren diese Wurzeln echte Neubildungen. Ueber die Ursachen dieses Vorkommens bin ich nicht im Stande, ein Urtheil abzugeben. — Die verkehrt aufgehängten Zweige verhielten sich verschieden. Ganze Reihen erzeugten bald nur Wurzeln an der Basis; dann kam es wieder vor, dass mehrere auf einmal ausser an der Basis auch weit entfernt von derselben Wurzeln producirten. Bestimmte Beziehungen, mit denen diese Unterschiede in Zusammenhang stehen mögen, habe ich bis jetzt nicht auffinden können.

Im Sommer 1876 wurden dieselben Versuche von Neuem vielfach wiederholt, und zwar im Wesentlichen mit demselben Erfolg. Auch jetzt wurde wieder, und zwar ganz spät im Herbst, unter den aufrecht hängenden Zweigen eine vereinzelte Ausnahme beobachtet: es entstanden die ersten Wurzeln an der Basis,

ausserdem aber später noch bis zu beträchtlicher Höhe über derselben vereinzelte Wurzeln an den Knoten und Internodien, die unbedingt für echte Neubildungen zu halten waren

Von Neuem wiederholt wurden die Experimente im Sommer und Herbst 1877. Die Resultate entsprachen den früher erhaltenen; allein auch jetzt fanden sich, und zwar wiederum ganz spät im Herbst, zwei Fälle, in denen an aufrecht hängenden Zweigen ausser an der Basis noch aus höher gelegenen Theilen der Zweige einzelne Wurzeln hervorgingen. Ihr Ort war sowohl der Knoten, als das Internodium; und auch sie mussten allen äusseren Zeichen nach für echte Neubildungen gehalten werden.

Es sei noch besonders hinzugefügt, dass alle zum Versuche benutzten Objecte vorher auf das Sorgfältigste auf etwa vorhandene Wurzelanlagen geprüft wurden. Fanden sich solche vor, so wurden die Zweige entweder nicht benutzt, oder die Anlagen mit Zeichen versehen. Waren keine Anlagen sichtbar, so wurden die an den Knoten entstehenden Wurzeln wegen der an jenen vorhandenen Disposition zur Wurzelbildung nur wenig in Rechnung gebracht. — Diejenigen Wurzeln, welche in grösserer Entfernung von der Basis aus dem Internodium hervorgehen, unterscheiden sich nicht selten von den basalen dadurch, dass sie kürzer bleiben und wellige Biegungen zeigen, während jene länger und kräftiger sind, und straff vom Stengel wegstehen. In anderen Fällen dagegen findet zwischen den beiderlei Wurzeln kein Unterschied statt.

Fasse ich die sämmtlichen Erscheinungen ins Auge, welche die vertical aufrecht und verkehrt hängenden Zweigspitzen unsrer Pflanze darbieten, so gelange ich nothwendiger Weise zu dem Schluss, dass bei der Bestimmung des Ortes der neuentstehenden Wurzeln die Schwerkraft in erheblicher Weise betheiligt ist. Wie aus allen bisher genannten Versuchen hervorgeht, bilden jene Zweige mit grosser Leichtigkeit Wurzeln. Auf diese Fähigkeit wirkt die Gravitation am verkehrt hängenden Zweige derart ein, dass Wurzeln auch mehr oder weniger entfernt von der Basis angelegt werden. Der Ort dieser Anlagen wird demnach von der Schwerkraft entweder allein bestimmt, oder doch in bedeutsamer Weise beeinflusst.

Der Berechtigung zu diesem Schluss steht ein Umstand im Wege: die vorhin erwähnten Ausnahmen, in welchen auch an

vertical-aufrecht hängenden Zweigen entfernt von der Basis Wurzeln gebildet wurden. Allein ich glaube nicht, dass man diesen Fällen gegenüber der überwiegenden Anzahl normaler eine besondere Bedeutung beilegen darf. Bei Wachsthumserscheinungen, die, wie die Anlage der Wurzeln, von einem so verwickelten Kräftespiel abhängig sind, dürfen derartige scheinbare Ausnahmen nicht in Verwunderung setzen. Von den hier thätigen Kräften gelingt es uns, einige genauer festzustellen; eine Anzahl anderer ist noch verborgen. Die Entscheidung bei unserem Urtheil über die Wirkung einer Kraft kann stets nur die Mehrzahl der beobachteten Fälle geben. Die einzelne Ausnahme kann nicht nur Bedenken erregen, sondern sogar völlig entscheidend sein in dem einfachsten Falle, in welchem es sich um die Wirkung einer bestimmten und sonst in ihrem Auftreten genau bekannten Kraft handelt. Haben wir dagegen ein ganzes Spiel von unbekannten Kräften vor uns, um dessen allmälige Auflösung es sich handelt, dann wird stets die Mehrzahl der beobachteten Fälle den Ausschlag geben, und die einzelne Ausnahme einer besonderen Erklärung vorbehalten bleiben. — Jeder, der mit lebendigen Körpern experimentirt hat, wird von der Nothwendigkeit dieses Verfahrens überzeugt sein.

Es wurden ferner mit den Zweigen des Heterocentron Horizontal-Versuche angestellt. Hierzu erwiesen sich jedoch, wie wir bald genauer sehen werden, die jungen Zweigtheile wegen der Krümmungen, welche sie beschrieben, als unbrauchbar; und es konnten daher nur solche Stücke gewählt werden, die keiner Krümmung mehr fähig waren. Dieselben wurden, nachdem sie auf etwa vorhandene Wurzelanlagen einer genauen Prüfung unterworfen waren, ihrer Blätter beraubt, und dann an je zwei Fäden horizontal im Glashafen aufgehängt. Rücksichtlich der Ober- und Unterseite wurde darauf geachtet, dass bei einem Theil der Objecte diejenige Seite nach oben gerichtet war, welche früher an dem verticalen Zweige der Mutterpflanze am stärksten beleuchtet war; bei dem anderen umgekehrt die nach oben sah, welche früher das wenigste Licht erhielt. Selbstverständlich wurde die ganze Vorkehrung möglichst vollständig verdunkelt. — Es stellte sich nun heraus, dass an einzelnen der Zweigstücke auf der nach unten gerichteten Seite, gleichviel ob dieselbe früher stärker oder schwächer beleuchtet war, kleine Wurzeln gebildet

wurden. Dieselben gingen in einigen Fällen aus dem Knoten, in anderen aus dem Internodium hervor, und zwar fast immer später als der Kranz von Wurzeln, der sich regelmässig an der Basis bildete; auch blieben sie in der Regel kürzer, als diese. In manchen Fällen war auch an den Basal-Wurzeln deutlich ein Unterschied zwischen Ober- und Unterseite zu erkennen; es standen auf der ersteren weniger Wurzeln, als auf der letzteren, und das Wachsthum der unteren war gefördert gegenüber dem der oberen. (Vergl. die Abbildung des Internodialstückes auf Seite 73.) — Waren dagegen an den Zweigstücken Anlagen vorhanden, so bildeten sich diese stets zuerst aus, gleichviel, ob die mit ihnen besetzte Seite nach oben oder nach unten sah. Im ersteren Falle wuchsen sie manchmal auf erhebliche Strecke geneigt oder senkrecht gegen den Zug der Schwerkraft.

Wie früher eingehend besprochen, ist anzunehmen, dass der Wasserdampfgehalt im Glashafen möglichst gleichförmig ist. Es liesse sich jedoch vorstellen, dass in Folge der geringen Ausströmung des Dampfes durch die unter dem Deckel gelassenen kleinen Lücken die Oberseiten der Zweigstücke von einer wasserdampfärmeren Luft umgeben seien, als die Unterseiten; und dass dieser Umstand möglicher Weise begünstigend auf die Wurzelbildung der letzteren einwirken könnte. — So unwahrscheinlich diese Annahme nach unsern frühern Versuchen auch war, sie musste doch in Erwägung gezogen werden. Um sie zu beseitigen, wurden kreisförmige Torfstücke geschnitten, und diese so lange in Wasser gelegt, bis sie vollständig durchtränkt waren. Herausgenommen blieben sie so lange liegen, bis kein Wasser mehr tropfenweis abfloss. Dann wurden unter ihnen, in einiger Entfernung, vermittelst kleiner gebogener Drahtstückchen die Zweigstücke unter Beachtung der früher erwähnten Vorsichtsmaassregeln befestigt, und nun die ganze Vorrichtung in einem grossen vorsichtig ausgetrockneten Glashafen frei aufgehängt. Der letztere wurde mit einem Deckel geschlossen, und dann dunkel gestellt. Von Zeit zu Zeit wurde der Torfkuchen von oben befeuchtet. Aller Wasserdampf, der nun in das Gefäss ausströmte, ging von dem Torfkuchen aus; an den Wänden bildete sich fast kein Niederschlag. Jedenfalls war anzunehmen, dass, wenn jetzt eine Ungleichheit im Wasserdampfgehalt des Gefässes vorhanden war, diese der den Torfkuchen zugewendeten Oberseite der Zweigstücke

zu Gute kommen musste. Allein auch jetzt ergab der Versuch ein dem früheren gleiches Resultat. Ausser den Wurzeln an der Basis bildeten sich an zwei Zweigen in ziemlicher Entfernung von derselben einige kleine Wurzeln, welche im einen Falle aus dem Knoten, im anderen mitten aus dem Internodium hervorgingen. — Es folgt hieraus von Neuem, dass die uns hier beschäftigenden Erscheinungen nicht die Folge von etwa möglichen Differenzen im Wasserdampfgehalt der die Objecte umgebenden Luft sein können. Dass es die Schwerkraft ist, welche die Wurzelbildung auf der Unterseite der Zweige hervorruft, kann nach dem früher Besprochenen kaum einem Zweifel unterliegen.

Zu bemerken ist noch, dass der zuletzt erwähnte Versuch nur ein einziges Mal angestellt wurde. Eine Wiederholung desselben war desshalb unnöthig, weil die gestellte Frage dadurch ausreichend beantwortet erschien.

Vermittelst des Rotations-Apparates habe ich bisher keine grössere Versuchsreihe mit den Zweigen des Heterocentron angestellt. Einige gelegentlich der Drehung ausgesetzte Objecte liessen ihre Wurzeln nur an der Basis entstehen, gleichviel, ob die Längsaxe der Zweige der Rotationsaxe parallel lief, oder auf derselben vertical stand.

c. Versuche mit Wurzelstücken.

Es war anfänglich meine Hoffnung, dass die Frage nach dem Einfluss der Schwerkraft sich am leichtesten würde an Wurzeln lösen lassen. Allein diese Hoffnung bewährte sich nicht, und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach desshalb, weil die mannigfach verschiedene Richtung, welche die Wurzeln an der Mutterpflanze einnehmen, selbst schon die Quelle so vieler Einflüsse ist, dass die nachträgliche Einwirkung einer Kraft zu keiner erheblichen Bedeutung jenen Einflüssen gegenüber gelangen kann.

Es wurden zunächst im Frühjahr 1875 Stücke kräftiger, bis zu 22 Mm. dicker Wurzeln der Pappel, Populus pyramidalis, und der Ulme, Ulmus campestris, welche aus ziemlicher Tiefe des Bodens von den starken Mutterwurzeln abgelöst waren, horizontal frei in Glashäfen angebracht, die in bekannter Art hergerichtet waren. Die Länge der Stücke schwankte zwischen 10 und 30 Ctm. Die Gläser wurden in einen finstern Raum gestellt. Bezüglich der Vorsichtsmassregeln, welche bei Auswahl

der Stücke zu beobachten sind, sei auf das früher darüber Gesagte verwiesen.

Die Stücke verhielten sich in folgender Art. Alle erzeugten an ihren Basen in der Cambial-Region einen meist kräftigen Wulst von Callus, aus dem dann dichte Büschel von Adventiv-Sprossen hervorwuchsen. Mit dieser Production liessen es manche Stücke bewenden. Andere bildeten aus dem apicalen meist schwächeren Callus ganz vereinzelte Wurzeln. Bei wieder anderen gingen ausser aus dem apicalen Callus auch noch aus verschiedenen Punkten der Oberfläche Adventiv-Sprosse hervor, die in einigen Fällen lediglich der Oberseite angehörten, in anderen sich aber auch auf der Unter- und den Horizontal-Seiten fanden, endlich aber selbst nur aus den letzteren und der Unterseite hervorgingen. Wenn auch die meisten Sprosse entschieden der Oberseite entsprangen, so liess sich aus dem Gesammtverhalten der Stücke doch kein bestimmter Schluss auf die Wirkung einer Radialkraft ziehen.

Gleichzeitig mit den eben besprochenen Versuchen wurden andere eingeleitet, in denen die Wurzelstücke horizontal bis zu einer Tiefe von etwa 5 Ctm. in feuchte lockere Erde gelegt wurden. — Es ergab sich ein im Allgemeinen dem früher erhaltenen gleiches Resultat, wenn auch kleine Abweichungen eintraten. Der Callus an der Spitze erreicht in der feuchten Erde fast nie die Mächtigkeit des in der feuchten Luft erzeugten; und ebenso ist die Zahl der aus dem ersteren hervorgehenden Sprosse meist eine geringere, als die von den aus dem letzteren entspringenden. Auch hier waren in vielen Fällen zahlreiche Adventiv-Sprosse frei aus der Oberfläche des Wurzelstückes hervorgebrochen. In einigen Fällen befolgten sie hinsichtlich ihrer Stellung ziemlich streng die allgemeine Regel, welche oben für das Auswachsen der Knospen an Weidenzweigen angegeben wurde, selbstverständlich mit dem Unterschiede, dass an den Wurzelstücken an Stelle der Spitze die Basis trat. In anderen Fällen standen die Sprosse nur auf der Oberseite, den Horizontalseiten, der Unterseite, oder endlich unregelmässig auf allen.

Diese Resultate berechtigen zu keinen bestimmten Schlüssen über die Wirkung der Schwerkraft auf das Entstehen der Adventiv-Sprosse. Nichtsdestoweniger glaube ich, dass dieselbe sich durch Anwendung geeigneter, senkrecht nach unten gewachsener Wurzeln

erweisen lassen wird. — Einen Grund für diese Annahme glaube ich in der Beobachtung zu finden, dass die Adventiv-Sprosse, welche in grosser Menge aus den nicht weit unter der Erdoberfläche liegenden Wurzeln von Ulmus campestris hervorgehen, meist der Oberseite angehören. In 12 zu diesem Zweck speciell untersuchten Fällen standen die Sprosse 9 mal auf der Oberseite. Der Rasen war dabei so beschaffen, dass an eine Verwundung der Wurzeln von oben nicht wohl zu denken war.

Die vorhin besprochenen Versuche wurden, wie erwähnt, zuerst im Frühjahr 1875, dann weiter im Sommer desselben Jahres mit zahlreichen Exemplaren ausgeführt. — Im Frühling 1876 entwurzelte der grosse Sturm unter anderen Stämmen auch eine mächtige Pyramiden-Pappel und einige Ulmen des botanischen Gartens. Dieses Ereigniss gab Gelegenheit, die früher gemachten Versuche nebst anderen von Neuem, und zwar in grösserem Maasstabe, zu wiederholen. Im Allgemeinen ergaben die Versuche das gleiche Resultat; doch fanden sich unter der beträchtlichen Zahl horizontal in Erde gelegter Stücke zwei Ausnahmen von dem gewöhnlichen Verhalten, die von besonderer Bedeutung waren. Im einen Falle hatte das Stück, das eine Länge von 20 Ctm. besass, an dem basalen Callus in gewohnter Art Sprosse gebildet; ausserdem aber waren einige kleine Triebe aus dem apicalen Callus hervorgegangen. Wurzeln waren an dem Stück nicht erzeugt. Die zweite Ausnahme war ähnlich. Es war ein Wurzelstück in der Mitte geringelt, und dann horizontal in feuchte Erde gelegt worden. Die Producte, welche es erzeugte, waren nur Triebe, und zwar fanden sich dieselben erstens an der Basis des ganzen Stückes; zweitens an der durch den Ringelschnitt erzeugten Basis, aber auch an der dadurch gebildeten Spitze; doch waren die hier producirten Triebe kürzer.

Die genannten beiden Fälle sind die einzigen derartigen, welche ich überhaupt beobachtet habe. In allen übrigen entsprangen die Triebe nur an der Basis, an dieser und aus der Oberfläche, oder nur aus dieser, nie aus der Spitze der Stücke. Bei allen Vertical-Versuchen fand ich nur das normale Verhalten, nie eine Ausnahme; die letzteren wurden nur bei den Horizontal-Versuchen in feuchter Erde gesehen.

Fassen wir die Gesammtheit aller bisher gemachten Beobachtungen über das Verhalten der Wurzel in's Auge, so folgt

daraus, dass im Allgemeinen Spitze und Basis an derselben den früher erörterten Gegensatz zeigen; dass aber unter gewissen Umständen, und auf Veranlassung von Bedingungen, die wir zur Zeit nicht kennen, auch die Spitze im Stande ist, Knospen zu erzeugen. — Wir müssen uns vorstellen, dass, ebenso wie wir durch Entfernen sämmtlicher Knospen an einem Zweige mit Ausnahme der basalen die letzteren zum Auswachsen nöthigen können, so auch in den Wurzelstücken Umstände eintreten können, welche die Entwickelung von Trieben an der Spitze nach sich ziehen. — Ein Versuch zur Erklärung dieser Erscheinungen wird später gemacht werden — Hervorzuheben ist hierbei noch einmal die schon mehr erwähnte Thatsache, dass alle von mir untersuchten Wurzel-Arten mit grosser Leichtigkeit Knospen, verhältnissmässig schwer dagegen Wurzeln bildeten. Wenn die letzteren auftraten, und es geschah dies vereinzelt bei allen Versuchsformen, so gingen sie stets entweder aus dem apicalen Callus direct, oder aus der Rinde in dessen Nähe hervor; an anderen Orten habe ich sie nie gesehen. — Die Leichtigkeit der Knospenbildung am Wurzelstück und die Schwierigkeit der Wurzelproduction stehen offenbar im Zusammenhange mit den oben erwähnten Ausnahmen.

Dass das Auftreten von Knospen an dem Apical-Ende jedenfalls nur äusserst selten geschieht, folgt ausser aus meinen sehr zahlreichen Experimenten auch noch aus folgenden Beobachtungen. Unter den vorhin erwähnten entwurzelten Bäumen befand sich eine Ulme, deren gewaltiger Ballen mit zahlreichen abgerissenen Wurzeln den ganzen Sommer hindurch der Luft und dem Licht ausgesetzt blieb. Aus vielen Wurzeln gingen Adventiv-Sprosse hervor, allein niemals direct aus der apicalen Rissfläche, sondern stets in grösserer oder geringerer Entfernung von derselben aus der Rinde selbst oder aus Verwundungen, wenn solche vorhanden waren.

F. Einfluss von Wachsthums-Erscheinungen.

Wir haben nun noch einige Erscheinungen zu besprechen, bei denen sowohl die Schwerkraft als ein System innerer Kräfte als Ursachen auftreten. Hängt man junge mit wachsender Spitze versehene Zweige von Heterocentron diversifolium horizontal an

zwei Fäden im Glashafen auf, so tritt eine negativ geotropische Krümmung ein, derart, dass das Stengelstück von den beiden Aufhängepunkten aus nach unten convex vorspringt. Bei dem Wachsthumsvorgange, der hierbei statthat, zeigt sich nun die interessante Erscheinung, dass zwar nicht in allen, aber, soweit meine Erfahrung reicht, in den meisten Fällen ausser an der Basis an oder in der Nähe der Krümmungsstelle Wurzeln gebildet werden. In der Regel stehen dieselben auf der Unterseite vereinzelt oder in grösserer Zahl; seltener kommen sie, und dann jedenfalls nur sehr wenige, auf der Oberseite vor. Genau dieselbe Erscheinung wurde an ebenfalls im Dunklen hängenden, mit wachsender Spitze versehenen Zweigen von Begonia dipetala beobachtet.

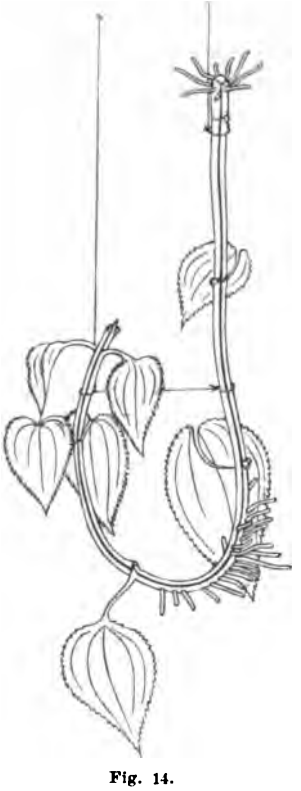


Fig. 14.

Rasch und sicherer kommt man zum Ziel, wenn man die Zweige gewaltsam krümmt, in dieser Lage fest bindet, und dann aufhängt. Derartige Versuche wurden wiederholt von mir angestellt.

Zunächst wurden die Zweige so gehängt, dass die Concavität des Bogens nach oben gerichtet war. Es zeigten sich an einer Anzahl von Zweigen dieselben Erscheinungen, welche die sich selbst krümmenden Zweige darboten: die Wurzeln bildeten sich an der Basis und an der Krümmung vorwiegend auf deren Unterseite. Sie fanden sich sowohl am Knoten, wie am Internodium, und zwar manchmal in grosser Zahl. Im einen Falle nahmen sie ausschliesslich die Krümmung ein (Fig. 15), im anderen diese und daran stossende, nicht gekrümmte Stellen; in anderen endlich standen sie nur an den schwach gekrümmten oder ganz geraden Theilen. Die meisten der nicht aus der Krümmung hervorgehenden Wurzeln gehörten dem basalen, abwärts gerichteten geraden Stücke der Zweige an, eine Erscheinung, die sich nach dem früher Angeführten

ohne Weiteres erklärt. An dem nach oben sehenden apicalen Theile zeigten sich die Wurzeln meist nur unmittelbar an der Krümmung.

Um nun zu sehen, welchen Antheil die Schwerkraft an diesen Erscheinungen habe, wurden die Zweige mit der Convexität nach oben gehängt Mehrere derselben producirten ihre Wurzeln nur an der Basis; an anderen entstanden sie ausserdem auch an der Krümmung, allein meist nicht in so grosser Anzahl, wie in den obigen Fällen. — Auch jetzt standen die meisten Wurzeln auf der Unterseite der Krümmung, und nur vereinzelt gingen sie aus der Oberseite hervor. Ausser an der Krümmung fanden sie sich auch an dem apicalen, verkehrt hängenden Theile; seltener dagegen, abgesehen von der unmittelbaren Nähe der Schnittfläche, an dem basalen aufrecht gerichteten Theile.

Die eben beschriebenen Versuche wurden meist einer matten Beleuchtung ausgesetzt; sie gelangen, freilich erheblich schwieriger, auch im Dunklen. Um jedenfalls darüber sicher zu sein, ob das Licht eine beträchtliche Rolle bei der Ortsbestimmung dieser Wurzeln spiele, wurden die Versuchsgläser in bekannter Art so aufgestellt, dass die stärkste Beleuchtung von unten stattfand. Gemäss den schon anderweitig gemachten Erfahrungen zeigte sich auch jetzt kein bemerkenswerther Einfluss des Lichtes; die Erscheinungen waren im Wesentlichen den sonst beobachteten gleich.

Bei den Heterocentron-Zweigen sind es lediglich die Wurzeln, welche in Betracht kommen. Um auch den Einfluss der Krümmung auf das Auswachsen der Knospen zu studiren, wurden Zweige verschiedener Weidenarten zum Versuch genommen. Dieselben hatten eine Länge von 50—70 Ctm. und ein Alter von 1 Jahre. Sie wurden nur in ihrem mittleren Theile gekrümmt und so gebunden, dass je ein längeres Stück über der Spitze und der Basis die normale gerade Richtung behielt. Die Zweige waren unter Beachtung der üblichen Vorsichtsmaassregeln vom Baume entnommen; das Aufhängen derselben geschah in grossen Glashäfen, die in gewohnter Art hergerichtet waren; ein Theil hing mit der Concavität nach unten, der andere in der umgekehrten Richtung. Der Lichteinfluss wurde völlig ausgeschlossen. Als Resultat ergab sich Folgendes. An den in beiderlei Richtung aufgehängten Zweigen entstanden die Wurzeln in seltenen Fällen nur an der Basis; meist gingen sie hervor

aus dieser, der Krümmung und ausserdem noch vereinzelt aus dem basalen geraden Stück; seltener traten sie auch an dem apicalen geraden Stück auf. — Hinsichtlich des Auswachsens der Knospen zeigten sich Differenzen unter den in verschiedener Richtung aufgehängten Zweigen. An denen, deren Concavität nach oben sah, bildeten sich meistens nur die Knospen der Spitze aus; seltener entwickelte sich eine der dem basalen, abwärts gerichteten Theile angehörenden. — Die Zweige hingegen, deren Concavität nach unten gerichtet war, bildeten ebenfalls ihre Knospen meistens an der Spitze aus; wenn aber noch weitere auswuchsen, so geschah dies in allen beobachteten Fällen ausschliesslich an dem oberen Ende des basalen geraden Theiles, gleich unterhalb der Krümmung, und auf dieser. Dieser wichtigen und interessanten Erscheinung werden wir später in grösserem Maassstabe wieder begegnen.

Offenbar sind es in erster Linie zwei Kräfte, welche bei diesen Verhältnissen in's Spiel kommen, die Schwerkraft, und eine innere Kraft, die wir als die Resultirende aus den Wachsthums-Erscheinungen, welche an der Krümmung stattfinden, betrachten können. Wie wir früher gezeigt haben, herrscht an Orten, wo ein intensives Wachsthum vor sich geht, die Neigung, Bildungen zu produciren, welche dem Wachsthumsprocesse ganz fern zu liegen scheinen. Ich erinnere an das Entstehen von Knospen und Wurzeln an den Callus-Wülsten. — Ein Wachsthumsprocess findet auch an den sich selbst krümmenden oder gewaltsam gekrümmten Stellen unserer Zweige statt; dorthin strömt das Plasma, und dort findet daher leicht eine Neubildung statt, deren Zusammenhang mit dem Ort des Ursprungs sonst schwer zu ersehen ist. — Dass eine derartige Ursache jedenfalls thätig ist, folgt mit Sicherheit daraus, dass die Wurzelbildung auch an den Krümmungen der Zweige stattfindet, an welchen die Convexität nach oben gerichtet ist. — Selbstverständlich soll aber auch hier der blosse Wachsthumsprocess an den genannten Stellen nicht die morphologische Natur der Neubildungen erklären, sondern diese betrachte ich, wie früher ausgeführt, von ganz anderen Ursachen abhängig.

Dass auf der anderen Seite die Schwerkraft einen erheblichen Einfluss ausübt, folgt daraus, dass an den in den beiderlei Richtungen aufgehängten Zweigen die Wurzeln stets vorwiegend auf der Unterseite der Krümmungen entstehen; ferner daraus, dass an

Zweigen, deren Concavität nach oben sieht, an dem basalen geraden Theile häufig Wurzeln entstehen, während diese an den Objecten, deren Concavität nach unten gerichtet ist, besonders an dem apicalen Theile auftreten.

Klarer noch geht der Einfluss der Schwerkraft aus dem Verhalten der Knospen an den Weidenzweigen hervor, wenn auch keineswegs die fraglichen Erscheinungen am isolirten Zweige mit der Deutlichkeit auftreten, wie wir sie später am Baum beobachten werden. — Es soll daher auch die genauere Erklärung erst bei der Behandlung des letzteren gegeben werden, und ich verweise deshalb auf die betreffende Stelle im 2. Theile dieser Arbeit.

Verschiedenes.

Die älteren Umkehr-Versuche und eigne Experimente.

Nachdem im Vorstehenden der fundamentale Gegensatz zwischen Spitze und Basis der verschiedenen Pflanzentheile dargelegt, und ferner der Einfluss erörtert ist, den die wichtigsten äusseren Kräfte auf das Entstehen bez. Auswachen von Knospen und Wurzeln ausüben, gehen wir jetzt zu den bekannten Umkehr-Versuchen über, die in der Geschichte der älteren Physiologie eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Nach dem oben Gegebenen leuchtet sofort ein, dass bei derartigen Versuchen eine ganze Reihe von Factoren in Betracht kommt, deren Wirkung zuvor im Speciellen zu studiren ist. Neben den maassgebenden inneren Kräften kommen dabei in Rücksicht die veränderte Wirkung des Lichtes und der Schwere, Feuchtigkeit, und unter Umständen Krümmungen. — An ein genaueres Studium des Einflusses jedes einzelnen dieser Factoren ist bei den älteren Autoren niemals gedacht worden; und es ist dies auch begreiflich, wenn man bedenkt, dass die meisten jener Experimente lediglich in Rücksicht auf das Studium der Bewegung der Säfte angestellt wurden. Indem wir uns ein genaueres Eingehen auf diesen Gegenstand für später versparen, wollen wir hier nur die Angaben soweit aufzählen, als sie das Thatsächliche betreffen.

Versuche über Pflanzenumkehrungen sind schon im Alterthum gemacht worden. Die, soweit mir bis jetzt bekannt geworden, älteste Bemerkung darüber findet sich bei *Theophrast.*[1])

[1]) *Theophrasti Eresii* Opera, quae supersunt, omnia. ed. Wimmer. Parisiis, 1866. Historia plantarum, II, 6, pag. 29. — De causis plantarum, II, 9, pag. 203.

Es sollen bei manchen Pflanzungen die Stecklinge des Weines verkehrt gesetzt werden, und dies hat nach der Meinung Mancher bei dieser Pflanze keinen Einfluss auf das Wachsthum derselben. Die Granate dagegen soll sich bei Umkehrung besser belauben, und die Früchte weniger fallen lassen. Auch die Feige soll, wenn sie umgekehrt eingepflanzt wird, ihre Früchte nicht abwerfen, und niedriger bleiben. — Den Ursprung der früher und auch heute noch im Volk verbreiteten Ansicht, dass man durch Umkehrung Zwergbäume, nach Anderen Trauerbäume, erhalten könne, haben wir demnach schon im classischen Alterthum zu suchen. Wahrscheinlich reicht er noch weit höher hinauf.

In anderem Sinne und bestimmter lauten die Angaben der römischen Praktiker.

So sagt *Columella*[1]), der Steckling sei stets mit seinem unteren Theile in die Erde zu setzen. Denn wenn er umgekehrt eingepflanzt werde, so wachse er schwerer an; gelinge dies aber, so bleibe er in der Folge doch stets steril. — Und *Palladius Rutilius*[2]) ruft: „Curandum, ne virgula inversa deponas."

Auch bei *Plinius*[3]) findet sich eine Angabe, deren Inhalt im Wesentlichen mit der eben angeführten Aussage von *Theophrast* übereinstimmt, und die dem letzteren jedenfalls entnommen ist.

Olivier de Serres[4]) empfiehlt das Einsetzen der Stecklinge in umgekehrter Richtung zu dem Zweck, sich Zwergbäume zu verschaffen. Diese sollen rasch fructificiren, und grössere und saftigere Früchte geben, als andere Bäume. Seine Versuche erstrecken sich auf den Granatbaum, die Quitte, den Haselnussstrauch und die Feige. Die letztere eignete sich am besten zu dem Experiment.

In den Actis Eruditorum[5]) von 1682 wird einer umgekehrten

---

[1]) Scriptores rei rusticae vet. lat. rec. M. Gesner. Biponti, 1787. Vol. II. Lib. V, IX. p. 226. „. . . ut sic quemadmodum in arbore steterat ramus, ita parte ima terram et cacumine coelum spectans deponatur. nam si inversa mergatur, difficulter comprehendet, et cum validius convaluerit, sterilis in perpetuum erit."

[2]) idem. Vol. III. Lib. IV. pag. 112.

[3]) *C. Plinii Secundi* Naturalis Historia. Rec. Detlefsen. Berolini, 1866. XVII, 11.

[4]) *Olivier de Serres* (einer der Begründer der französischen Landwirthschaft). Théâtre d'Agriculture ou Mesnage des champs. Paris, 1600.

[5]) Acta Eruditorum. Anno 1682. Lipsiae, 1682. p. 150, XIII.

Linde erwähnt. Dieselbe soll in dem preussischen Städtchen Holland vorkommen, mit der Krone in den Boden gesetzt, und später zu einem mächtigen Baume erwachsen sein. Die vom Stamm ausgehenden Aeste seien anfangs nach unten gerichtet gewesen, haben sich aber dann nach oben gekrümmt.

Malpighi[1]) erwähnt bei Erörterung der Säftebewegung, dass wenn man Ausläufer (surculi) der Feige, Pflaume, der Brombeere etc. umgekehrt, mit dem dünnen Ende, in Erde setze, sie an diesem Wurzeln bilden. Die Pflanze aber, welche aus solchem Steckling hervorgehe, bleibe stets schwächer und kleiner („minus tamen proceram.")

Eine ähnliche Bemerkung[2]) findet sich später noch einmal. Es wird dieselbe Angabe über Ausläufer und selbst stärkere Aeste der Feige und Brombeere gemacht, und zwar diesmal wieder mit dem noch bestimmteren Zusatz: „Hoc tamen perpetuo evenit, plantatos taliter hujusmodi surculos minus provectiores fieri."

Nach *Beal* und *Tonge*[3]) wachsen Zweige vom Hollunder, der Brombeere, der Weide u. A., wenn sie umgekehrt eingesetzt werden, an. Johannisbeeren (curran-trees) und Arten mit weichem Holz sollen sich am besten zu diesen Versuchen eignen.

Dem wird hinzugefügt, dass ein Ast, der bogenförmig so mit dem mittleren Theile in Erde gelegt wird, dass das an der Mutterpflanze verbleibende basale und das freie apicale Stück der Luft und dem Licht ausgesetzt sind, in der Mitte Wurzeln bildet. Wird nun der Ast von der Mutterpflanze getrennt, so wächst er an den beiden freien Enden und liefert, wenn in der Mitte durchschnitten, zwei Pflanzen.

Von Interesse sind die Angaben *Leeuwenhoek's.*[4]) In einem Briefe von *C. Hugenius* (1686) wird derselbe gefragt, ob ihm die Thatsache bekannt sei, dass man Linden umgekehrt einpflanzen

---

[1]) *Malpighi.* Opera omnia. Londini, 1686. Anatomes Plantarum Idea, p. 13.

[2]) ibidem. Tomus I, pag. 11.

[3]) *J. Beal* und *E. Tonge.* Observations and Experiments concerning Vegetation and the running of Sap. — The philosophical Transactions and Collections to the end of the year 1700. Abridged by John Lowthorp. London, 1705. Vol. II. p. 673. (Mir standen leider nur diese Abridgements zur Verfügung.)

[4]) *A. à Leeuwenhoek.* Opera omnia seu Arcana Naturae. Lugduni-Batavorum, 1722. Vol. I. Tom. II. Epistola 64, pag. 142—145.

könne. Der Kurfürst von Brandenburg habe ihn versichert, dass in seiner Provinz viele derartig behandelte Bäume vorkämen, welche an Kräftigkeit die übrigen um vieles überragten. Ihm selbst (*Hugenius*) haben zwar die Gärtner die Richtigkeit der Angabe noch nicht zu bestätigen vermocht.

Die Antwort von *Leeuwenhoek* auf diesen Brief ging dahin, dass er schon vor etwa 20 Jahren folgenden Versuch gemacht habe. Die Rebe eines Weinstockes wurde so in die Erde hinabgelegt, dass ihr mittlerer Theil bedeckt, und die beiden Enden, deren basales mit dem Mutterstock in Verbindung blieb, frei in die Luft ragten. Nachdem der in Erde befindliche mittlere Theil Wurzeln getrieben hatte, wurde die Rebe vom mütterlichen Stamm getrennt, und dann in ihrer Mitte selbst durchschnitten. Sie lieferte demnach jetzt zwei Setzlinge, von denen der eine seine Wurzeln am organisch unteren, der andere am organisch oberen Ende besass. Nachdem sie eingepflanzt und zwei, drei Jahre gestanden waren, liess sich an ihnen keinerlei Unterschied erkennen. – Dem fügt *Leeuwenhoek* hinzu, dass er auch Zweige von Stachel- und Johannisbeeren, sowie von Weiden umgekehrt in die Erde gesteckt habe, und dass diese an den Spitzen Wurzeln producirt haben. Die Aeste, anfangs nach unten wachsend, haben sich dann bogenförmig nach oben gekrümmt.

Leeuwenhoek beschloss aber, die Angabe betreffs der Linden selbst zu prüfen, und verfuhr dabei in folgender Art. Er nahm zwei, etwa 5jährige, kräftige, biegsame Lindenstämme, liess unter seinen Augen die Wurzelballen normal in Erde legen [1]), dann aber die Stämme fast parallel zum Erdboden herunter biegen, und endlich die Krone mit ihren Zweigen wieder in ein in die Erde gegrabenes Loch legen und mit Erde bedecken, jedoch so, dass die Spitzen der Zweige sämmtlich aus dem Boden hervor in die Luft ragten. Nachdem er sich nach Verlauf von zwei Jahren überzeugt hatte, dass die Zweige an ihren in Erde befindlichen Theilen reichlich mit Wurzeln versehen waren, hob er den unteren Theil des Stammes mit dem Wurzelballen aus der Erde empor, und gab ihm zunächst eine geneigte Lage. Die eigentlichen und ursprünglichen Wurzeln des Stammes wurden nunmehr der Luft und dem Licht ausgesetzt, sämmtliche aus der

[1]) Vergl. dazu Fig. 11 auf der zugehörigen Tafel.

Erde hervorsehende Theile der Zweige dagegen auf zwei Fingerbreit Länge unter der Erde abgeschnitten.

Nach Verlauf von etwa 14 Tagen zeigten sich an den Wurzeln kleine Knospen oder Keime, die besonders aus den dicksten Theilen der Wurzeln entsprangen, da, wo die Wurzeläste ihren Ursprung nahmen; andere entstanden an dünneren Wurzeln. Aus der allgemeinen Stellung der Knospen schliesst *Leeuwenhoek*, dass sie aus Anlagen hervorgehen, welche ursprünglich hatten zu Wurzeln werden sollen; und den analogen, aber umgekehrten Schluss zieht er in Bezug auf die Wurzeln an den Aesten. Er stellte sich eine directe Umwandlung der Knospen in Wurzeln und umgekehrt vor.

Erst im folgenden Jahre wurden die Bäume verpflanzt, und zwar jetzt so, dass der Stamm senkrecht verkehrt stand. — Im Juni hatten einige Wurzeln mehr als 100 Knospen hervorgebracht, und Triebe producirt, die eine Länge von mehr als 8 Daumenbreiten besassen.

Weiter geht der Bericht über diese Linden leider nicht.

Thomas Fairchild[1]) berichtet über ein Viburnum, dessen Krone in den Boden gesteckt war. Die letztere hat Wurzeln getrieben, während aus den nach oben gerichteten Wurzeln Zweige hervorgegangen sind. Die Pflanze wächst ebenso gut, wie die in normaler Richtung eingesetzten.

Nach *Magnol*[2]) giebt es Bäume, wie den Hollunder, den Weinstock, deren Aeste, wenn sie heruntergebogen und mit Erde bedeckt werden, Wurzeln bilden. Schneidet man sie hernach ab, so werden aus den Aesten selbst neue Bäume, deren Richtung ihrer natürlichen entgegengesetzt ist.

Auch *Hales*[3]) hat unserem Gegenstande eine Bemerkung gewidmet. An seine Versuche über die Fähigkeit der Bäume, das Wasser in allen Richtungen, am verkehrt mit der Spitze in Wasser gesetzten Zweige auch in der umgekehrten, zu leiten, knüpft er

---

[1]) *Th. Fairchild.* New Experiments, relating to the different, and sometimes contrary, Motion of the Sap in Plants. — The philosophical Transactions etc. from the Year 1719—1733. Abridged by J. Eames and Martyn. Vol. VI. Part. II. London, 1734. p. 353.

[2]) *Magnol.* Sur la circulation de la sève dans les Plantes. — Histoire de l'Academie roy. des Sciences. Année, 1709. Paris, 1709. S. 47.

[3]) *St. Hales.* Statical Essays. II. Ed. London, 1731. Vol. I. p. 132.

die Notiz: „And from the same reason it is that Elders, Sallows, Willows, Briars, Vines and most Shrubs, will grow in an inverted state, with their tops downwards in the earth." Diese irrige Vorstellung *Hales'* hing zusammen mit seiner Vermengung des Wasserstroms und der Bewegung der plastischen Stoffe in der Pflanze.

Wir gelangen damit zu den bekannten und oft besprochenen Versuchen von *Duhamel du Monceau.*[1]) Mit Uebergehung aller Einzelheiten will ich hier nur die wichtigsten seiner Experimente besprechen. Auch für ihn war das eigentliche Problem die Bewegung der Säfte; er ging ursprünglich von der Frage aus: sind es eigne Gefässe, welche den Saft nach den Wurzeln leiten, während andere ihn zu den Aesten führen? Haben diese Gefässe vielleicht besondere Klappen? Oder sind es vielleicht specifische Säfte, welche zur Ernährung der Wurzel und des Zweiges dienen? — Zur Entscheidung dieser Fragen sollte die Umkehr der Bäume dienen, und zwar wurden dazu in erster Linie die Weiden benutzt.

Zunächst wurden etwa gleichstarke Zweigstücke gewählt, und theils normal aufrecht mit dem dicken Ende, theils verkehrt mit dem dünnen Ende in den Boden gesetzt. An dem Verhalten der ersteren war nichts Ungewöhnliches zu bemerken; sie entwickelten sich in gewohnter Art. Anders die verkehrt eingesetzten Zweige. An ihnen bildeten sich junge Zweige, deren Wachsthum anfangs nach unten gerichtet war, die sich dann aber krümmten und nach oben wuchsen. — Analog verhielten sich die Wurzeln dieser Zweige in der Erde; sie schienen erst nach der Erdoberfläche wachsen zu wollen, krümmten sich dann aber nach unten. — Das Wachsthum der verkehrt eingesetzten Zweige war weniger kräftig, als das der normal stehenden.

Nunmehr wurde eine junge Weide dicht über der Erde abgeschnitten und verkehrt eingepflanzt, sodass die Aeste von Erde bedeckt waren und der Stamm in die Luft ragte (Pl. 15, Fig. 142). Der letztere producirte einige Aeste, während an den Zweigen aus den Achseln derselben und in der Nähe der Knospen Wurzeln erzeugt wurden.

Um den Gegenstand noch weiter zu verfolgen, wurde folgendes

---

[1]) *Duhamel du Monceau.* La Physique des Arbres. Paris, 1758. Tome II. p. 115 ff. Planche 15.

Experiment angestellt. Zwei lange Weidenzweige wurden bogenförmig gekrümmt und derart in Erde gesteckt, dass im einen Fall die beiden Enden bedeckt waren, und das Mittelstück frei in die Luft ragte; im anderen dagegen umgekehrt der Bogen in die Erde gesenkt war, und die beiden Enden über die letztere hinausragten. (Pl. 15, Fig. 144 u. 145.) — Es ergab sich, dass an dem erstgenannten Zweige an jedem Ende in der Erde Wurzeln und Aeste gebildet, dass aber die beiderlei Bildungen an dem dicken Ende beträchtlich stärker entwickelt waren, als an dem dünnen. — An dem anderen Zweige waren an dem ganzen von Erde bedeckten Theile Wurzeln erzeugt, die längsten dicht unter der Erdoberfläche in der Nähe der beiden freien Enden. Die letzteren hatten sich mit Trieben versehen, deren stärkste dem dünneren Ende angehörten.

In solchen Zweigen, welche in der erwähnten Art umgekehrt sind, gehen vor sich „de furieuses révolutions". Doch gleichen sich die Unterschiede später wieder aus, und nach einigen Jahren weichen die verkehrt eingesetzten Bäume in keiner Weise von aufrecht eingepflanzten ab.

Um nun zu zeigen, dass die Wurzeln auch Aeste erzeugen können, verfuhr *Duhamel* in folgender Art. Einer der gekrümmten Zweige aus dem zuletzt besprochenen Versuch wurde mit seinem dicken Ende wieder eingepflanzt, dass dünne dagegen mit seinen Wurzeln der Luft ausgesetzt, jedoch mit der Vorsicht, dass die stärkeren Wurzeln mit Moos umwickelt wurden. An diesen bildeten sich Triebe, die freilich viel schwächer waren, als die aus dem Stamm direct hervorgehenden, aber doch den Beweis lieferten, dass in den Wurzeln ebenso gut die Keime (germes) zu Aesten, als umgekehrt in den letzteren Keime zu Wurzeln vorhanden sind.

Hierfür noch ein anderer Beweis. Eine junge Rüster wurde durch einfache Copulation mit einer anderen verbunden. Nachdem beide genügend verwachsen waren, wurde das gemeinsame Stammstück über der Vereinigungsstelle durchschnitten, und darauf der eine Stamm mit seinen Wurzeln aus dem Boden emporgehoben und allmälig in eine solche Lage gebracht, dass die letzteren die Krone des aufrecht stehenden unteren Stammes zu sein schienen. Die kräftigsten von diesen Wurzeln producirten im folgenden Frühjahr Triebe. Doch ging das Object bei einer grossen Hitze leider zu Grunde.

Hieran knüpft *Duhamel* unter anderen die Bemerkung[1]) „la partie qui est en bas donne des racines, celle qui est en haut fournit des bourgeons; voilà qui regarde la situation: la partie qui est en terre donne des racines, et celle qui est à l'air des bourgeons; voilà qui regarde le milieu environnant."

Um nun zu erfahren, ob beide Umstände gleich wesentlich seien, stellte *Duhamel* folgenden Versuch an. — Durch eine Tonne, deren Boden an den entsprechenden Stellen durchlöchert war, und die sich etwa 2 Fuss über dem Boden befand, wurden zwei Weidenäste geführt, der eine aufrecht, der andere verkehrt. Die Aeste standen unten etwa $1^1/_2$ Fuss tief im Boden, und ragten $^1/_2$ Fuss über das Fass hinaus, welches mit Erde gefüllt wurde. Die letztere hielt man ununterbrochen feucht. — Beide Weidenruthen erzeugten Wurzeln in dem Boden, kräftige Triebe zwischen dem Boden und dem Fass, in der Erde des Fasses wieder Wurzeln und über dem Fass wieder Triebe. Doch ist zu bemerken, dass Wurzeln und Triebe an dem verkehrt stehenden Objecte viel schwächer entwickelt waren, als die des aufrecht gestellten.

Hieraus zieht nun *Duhamel* den Schluss, dass die Augen sich da entwickeln, wo der Zweig sich in Luft, und Wurzeln, wo er sich in Erde oder doch genügender Feuchtigkeit befindet. Denn dass es nur auf die letztere ankomme, wird daraus geschlossen, dass sich dasselbe Resultat ergab, wenn der Zweig nicht durch Erde, sondern durch ein Glas geführt wurde, das mit feuchten Schwammstücken angefüllt war. An einen Einfluss des Lichtes dachte *Duhamel* nicht.

Nach dem Vorstehenden könnte es scheinen, fährt unser Autor fort, dass sich Wurzeln über Aesten, und diese unter Wurzeln bilden könnten; allein dieser Schluss wäre voreilig. Denn es liesse sich vielleicht jeder Ast als aus 2 selbstständigen Hälften bestehend auffassen, deren Grenze auf der Höhe des Fassbodens läge. Dann hätte jeder Theil des Astes für sich vegetirt; der untere hätte seine Nahrung dem Boden, der obere der Erde des Fasses entnommen.

Um über diesen Punkt Klarheit zu erlangen, wiederholte *Duhamel* das eben beschriebene Experiment, jedoch mit dem Unter-

[1]) l. c. p. 118.

schiede, dass er die Aeste auf halber Höhe des Fasses durchschnitt. Die unteren Zweigstücke standen so mit Spitze und Basis in Erde, und nur die mittleren Theile waren der Luft und dem Licht ausgesetzt. Die oberen von Erde umgebenen Theile konnten nun keine Aeste erzeugen; bildeten sich an ihnen Wurzeln, so musste die durch sie eingesogene Nahrung zu den unter ihnen in der Luft befindlichen Theilen geführt werden. Das Experiment wurde während dreier Jahre wiederholt. Es ergab sich Folgendes.

Im ersten Jahre bildete der aufrecht stehende Ast im Boden kräftige Wurzeln, und in der Luft entsprechend starke Triebe; das in das Fass ragende dünne Ende aber ging zu Grunde. — Der andere verkehrt gerichtete Zweig producirte im Fass einige Wurzeln, und in der Luft einige schwache Zweige, starb aber dann ab.

In den folgenden Jahren trieben alle Objecte starke Wurzeln im Boden, kräftige Zweige in der Luft, und einige schwache Wurzeln an dem im Fass befindlichen Theile. An diesem Orte waren sie, an dem verkehrt stehenden Zweige zwar stärker entwickelt, als an dem aufrechten, aber sie waren doch im Ganzen schwächlich und schienen nicht lange existiren zu können.

Aus diesen Thatsachen konnte man schliessen, dass es durchaus nicht naturgemäss sei, dass die Wurzeln sich über den Zweigen befinden. Allein dies war noch weiter zu verfolgen. Es fragte sich, ob die Wurzeln in dem Fass allein im Stande waren, die Zweige am Leben zu erhalten. Um dies zu sehen, wurden die letzteren wieder von unten in das Fass geführt, allein sie reichten diesmal nur bis auf, nicht in den Boden. — Die Objecte, welche mit dem dünnen Ende in das Fass reichten, gingen bald zu Grunde, beinahe ohne Wurzeln und Zweige getrieben zu haben; diejenigen aber, deren dickes Ende von der Erde des Fasses umgeben war, producirten zwar einige Aeste und Wurzeln, allein sie hielten sich nicht lange.

Vielleicht dürfte der Versuch aber mit einem schon eingewurzelten Baume gelingen. Um dies zu entscheiden, nahm *Duhamel* zwei in Kästen stehende Paradiesäpfel-Stämme, kehrte sie um, und brachte sie so an ein Gerüst. Diese Stämme erzeugten Zweige über ihren Wurzeln, und es drangen die ersteren durch den Boden der Kästen. An dem einen der Stämme wurden diese Schösslinge gelassen; sie entwickelten sich sehr rasch, und es

ging der alte Stamm unter den Wurzeln zu Grunde. — An dem anderen Objecte wurden die Schösslinge fortgeschnitten, sobald sie sich zeigten; in diesem Falle existirte der Stamm mehrere Jahre, aber endlich ging auch er zu Grunde.

Aus diesen Experimenten folgt, dass es durchaus nicht in der natürlichen Ordnung ist, dass die Wurzeln sich über den Aesten befinden. Es scheint, als ob der Saft, welcher die Wurzeln entwickeln soll, eine Neigung hat, herabzusteigen, während der, welcher die Aeste entwickelt, umgekehrt aufwärts wandert.

Es folgt nun die Erörterung von Ringelungsversuchen, die wir aber an einem anderen Orte zu besprechen haben.

Dagegen findet sich noch eine weitere Notiz über einen Umkehr-Versuch bei Besprechung der alten Angabe, dass man sich durch Umkehrung Zwergbäume verschaffen könne. In der That besass *Duhamel* einen aus einem umgekehrten Stecklinge erhaltenen gemeinen Jasmin, der niemals, wie es sonst von aufrecht eingepflanzten Exemplaren geschieht, Wassertriebe bildete. Doch mochte der Grund hiervon auch an dem zu kleinen Topfe liegen. Jedenfalls wuchsen die umgekehrt eingesetzten Weiden nach mehreren Jahren ebenso üppig, wie die normal gepflanzten.

Nach *van Marum* [1]) findet sich zwischen Harlem und Leiden eine lange Reihe umgekehrter Linden, welche freudig wachsen. Es sind aber nicht bloss Linden, bei denen eine Umkehr möglich ist, sondern, wie *van Marum* selbst erfahren, alle Bäume, welche rasch Wurzeln treiben, wie die Erle, der Hollunder und die Weiden.

Auch *Mustel* [2]) hat Umkehr-Versuche angestellt. Er benutzte dabei das von *Leeuwenhoek* (den *Duhamel* und *Mustel* nicht gekannt zu haben scheinen), angewandte Verfahren, die Wurzeln nicht eher der Luft auszusetzen, bis die Zweige sich genügend bewurzelt hatten. Wurde diese Vorsichtsmaassregel ausser Acht gelassen, so gelangen die Versuche nicht.

Sénébier [3]) erwähnt bei Besprechung der *Duhamel*'schen Versuche, dass er eine Weide dem Boden entnommen, und dann die Zweige dem Wasser, die Wurzeln der Luft ausgesetzt habe. An

---

[1]) *M. van Marum* Dissertatio de Motu fluidorum in Plantis etc. Groningae, 1773. p. 35.

[2]) *Mustel.* Traité théorique et pratique de la Végétation. Paris et Rouen, 1781. Tome I, pag. 72 ff.

[3]) *Sénébier.* Physiologie végétale I. Paris, 1800. S. 294 ff.

jenen haben sich Wurzeln, an diesen Triebe gebildet. — Bezüglich des schon mehr gemachten Umkehrungs-Experiments mit Brombeeren vergl. man Tome IV, p. 123.

Auch in dem von *Rosier* redigirten und bezüglich der gärtnerisch-botanischen Seite zum grossen Theile bearbeiteten „Cours complet d'Agriculture" [1]) finden sich einige unseren Gegenstand betreffende Angaben. Als zweite, übrigens wenig verbreitete Art der Vermehrung durch Stecklinge beschreibt er folgendes Verfahren. Es wird ein Ast vom Baume abgeschnitten, und verkehrt so in die Erde gesetzt, dass seine sämmtlichen Verzweigungen an der Spitze bedeckt sind. Die an den letzteren vorhandenen Knospen gehen nun zu Grunde; allein aus den Anschwellungen, „bourrelets", welche an den Ansatzstellen der Blätter vorhanden sind, bilden sich Wurzeln. So verändert der Ast seine Richtung; sein Gipfel wird zur Basis, und umgekehrt. Der Versuch ist dem Verfasser gelungen beim Granatbaum, dem Weissdorn, der Johannisbeere und dem Oelbaum. — Doch wird später [2]) bei der specielleren Besprechung des letzteren hinzugefügt, dass die meisten der in verkehrter Richtung eingesetzten Objecte zu Grunde gegangen seien.

Von Interesse sind die Angaben *Knight's.* [3]) Er pflanzte im Herbst 1802 40 Stecklinge der Stachelbeere und eine gleiche Anzahl der Johannisbeere, und zwar die eine Hälfte von jeden verkehrt, die andere aufrecht. Von den ersteren gedieh kein einziges Exemplar; von den letzteren schlugen nur wenige fehl.

Im Herbst 1802 wurden 12 längere Stecklinge der gemeinen Saalweide (Salix caprea), eingesetzt, die Hälfte wieder aufrecht, die Hälfte verkehrt. Alle bildeten Wurzeln und wuchsen üppig, allein ihre Wachsthumsart war sehr verschieden. An den Stecklingen, welche ihre natürliche Lage innehatten, fand das intensivste Wachsthum an den höchstgelegenen Punkten statt (at the points most elevated.) An den umgekehrten Setzlingen dagegen nahm das Wachsthum mit der Entfernung vom Boden ab, und hörte gegen Ende des Sommers auf einer Höhe von 4 Fuss

[1]) Cours complet d'Agriculture. Redigé par Rosier. Paris, 1801. T. II. Article „Bouture". p. 445.

[2]) ibidem. T. VII. p. 214.

[3]) *Knight.* Experiments and Observations on the motion of the Sap in trees. The philosophical Transactions etc. London, 1804. Part. I. p. 185.

nahezu vollständig auf. Aus diesen Thatsachen zieht *Knight* den Schluss, dass die Struktur der Gefässe derart sei, dass sie ihnen nicht erlaube, den Saft nach beiden Richtungen gleich gut zu leiten; ja er greift sogar auf die alte Ansicht zurück, dass die Gefässe vielleicht mit Klappen versehen seien, die man aber ihrer Kleinheit willen nicht erkennen könne.

Was in der Folge aus den umgekehrten Weidenzweigen wurde, ist, soweit ich gesehen, später leider nicht angegeben.

In einer im Ganzen unbedeutenden Schrift von *Frenzel*[1]) finden sich folgende Angaben. Weiden- und Pappel-Zweige wurden theils verkehrt, theils aufrecht in ein Glas gestellt, das bis zu 2 Zoll Höhe mit Wasser gefüllt war. Die in natürlicher Stellung befindlichen trieben über dem Wasser Zweige und im Wasser zahlreiche Wurzeln; die umgekehrt eingesetzten dagegen im Wasser keine oder nur wenige Wurzeln, wohl aber einige Triebe in und über dem Wasser.

Cotta[2]) macht die Bemerkung, dass umgekehrt eingesetzte Stecklinge meist ebensogut gedeihen, wie die in natürlicher Lage eingepflanzten. — An anderer Stelle[3]) dagegen sagt er bei Besprechung der *Duhamel*'schen Umkehr-Versuche, dass derartige Experimente mit manchen Pflanzen zwar unzweifelhaft gelingen, mit andern aber, wie Buchen, Birken, Kiefern u. A. niemals Erfolg haben werden. — Ihm selbst sei der Versuch nur mit Johannis- und Stachelbeersträuchern gelungen, mit andern Pflanzen niemals.

Hanstein[4]) stellte Steckreiser von Weiden, Ligustern, Pappeln und Erlen verkehrt mit der Spitze in Wasser. Alle begannen anfangs zu treiben, allein allmälig starben die herausragenden, also unteren, Enden ab. Nur bei den Weiden gelang an der Spitze eine Bewurzelung; aber auch bei ihnen starb allmälig das untere Ende ab, und nur die Triebe in der Nähe der Wurzeln an der Spitze erhielten sich.

---

[1]) *Frenzel.* Physiologische Beobachtungen über den Umlauf des Saftes in den Pflanzen und Bäumen. Weimar, 1804. S. 145.

[2]) *H. Cotta.* Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes in den Gewächsen etc. Weimar, 1806. S. 23.

[3]) ibidem. S. 65.

[4]) *Hanstein.* Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde und Folgerungen daraus. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. II. Berlin, 1860. S. 434 u. 449.

Hartig [1]) steckte Weidenzweige theils in normaler, theils in verkehrter Richtung in den nassen Sand grosser Zuckergläser. Es bildete sich in der feuchten Luft des Glases an der nach oben gerichteten Schnittfläche ungewöhnlich starker Callus. — An den verkehrt gesteckten Objecten erfolgte eine sehr reiche Wurzelentwickelung dicht unter dem Ueberwallungswulste der nach oben gekehrten Schnittfläche. In dem nassem Sande fand zwar auch Wurzelbildung statt, jedoch eine bei weitem nicht so üppige. — An den normal eingesetzten Stecklingen dagegen bildeten sich die meisten Wurzeln in dem feuchten Sande „des Fussendes."

Ausser den angeführten liegen mir noch einige weitere Angaben vor, die mitzutheilen ich aber wegen ihrer Unbestimmtheit nicht für nöthig erachte.

Ich lasse nun die Darstellung meiner eigenen Versuche folgen. Dieselben beziehen sich zunächst lediglich auf Theile von Bäumen, nicht auf ganze Bäume. Es handelte sich darum, durch ein von keinem der eben genannten Experimentatoren angewendetes einfaches Verfahren zu zeigen, dass sich in den ersten Wachsthumsstadien der erbliche Charakter unter allen Umständen geltend macht, gleichviel unter welche Verhältnisse man die Objecte bringt.

a. Versuche mit Weidenzweigen.

Kräftige 1 — 3jährige und 50 — 55 Ctm. lange Zweige verschiedener Arten wurden vertical verkehrt in eine grössere, mit Erde gefüllte Thonschale gesteckt. Die Spitzen reichten 10 bis 15 Ctm. tief in die Erde. Neben diesen Zweigen waren einige sonst gleiche in aufrechter Stellung, mit der Basis in Erde, angebracht. Um die Luft in der Umgebung der Objecte mässig feucht zu erhalten, wurde über dieselben eine grosse Glasglocke gestülpt, und das Ganze dann dem hellen Tageslicht, jedoch mit Ausschluss der directen Sonnenstrahlen, ausgesetzt. Die Erde wurde stets mässig feucht gehalten.

Was ich erwartet hatte, geschah. Schon nach kurzer Zeit zeigten sich an den Basen der verkehrt eingesetzten Zweige Wurzelanschwellungen, die bei einigen alsbald horizontal nach

---

[1]) *Hartig.* Ueber die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Botanische Zeitung 1862, p. 84 u. 85.

allen Seiten auswuchsen, bei anderen dagegen auf den ersten Entwickelungsstadien stehen blieben. Hin und wieder zeigten sich ausserdem in grösserer oder geringerer Entfernung von der Basis, zumal auf der Schattenseite, die bekannten Wurzelhügel; allein keiner von diesen brachte es zu weiterer Entwickelung. Während sich diese Vorgänge an der Basis abspielten, bildeten sich an den Spitzen, und zwar meist kurz über der Erdoberfläche, Knospen zu Trieben aus. Hin und wieder entwickelten sich auch höher gelegene Augen, doch blieben die aus ihnen hervorgehenden Sprosse hinter den apicalen an Stärke zurück. — Anders verhielten sich die aufrecht gesteckten Zweige. An ihnen war in der Luft von Wurzeln nichts zu sehen; wohl aber bildeten sie an den nach oben sehenden Spitzen kräftige Triebe. — Als nach Verlauf von 5 Wochen eine Prüfung annehmen liess, dass die Spitzen der verkehrt stehenden Zweige sich in der Erde bewurzelt hatten, wurde die Glasglocke anfänglich mit grösseren, dann mit immer kürzeren Unterbrechungen, und endlich vollständig fortgenommen. Die Wurzeln an den Basen, welche schon früher, nachdem sie eine Länge von 10—15 Mm. erreicht hatten, im Wachsthum stehen geblieben waren, vertrockneten zunächst vollständig. Dann gingen einzelne der Zweige zu Grunde, und zwar ganz allmälig von der Basis nach der Spitze hin. Beim Herausnehmen derselben fand sich, dass sie an der Spitze im Bereich der Erde keine Wurzeln, oder höchstens einige sehr kleine erzeugt hatten, die aber offenbar nicht genügten, den Zweig zu erhalten. Auch die meisten apicalen Augen in der Erde waren auf kurze Strecke ausgewachsen, dann aber in Zersetzung übergegangen. — Die Mehrzahl der umgekehrten Zweige blieb während des Sommers gesund, und ihre Triebe in der Nähe der Erde erreichten beträchtliche Länge. Allein später zeigte ein Schwarzwerden und Eintrocknen der Rinde an der Basis, dass dort ein Zersetzungsprocess vor sich ging, der sich dann allmälig mit verschiedener Schnelligkeit an verschiedenen Zweigen nach der Spitze hin fortsetzte. Während die jungen Triebe in der Nähe der Spitze noch frisch und grün waren, wurde das Laub der höher nach der Basis hin befindlichen schon gelb und fiel ab; ein Vorgang, dem dann bald das Eintrocknen der entsprechenden Rindenpartie des Mutterzweiges folgte. Dann ergriff der Zersetzungsprocess auch die apicalen Partieen dicht über und in der Erde, und es

blieben endlich nur noch solche Spitzen lebendig, deren Knospen in der Erde aus-, dann über dieselbe gewachsen waren und nun grüne Laubblätter gebildet hatten. — Beim schliesslichen Untersuchen der Zweige stellte sich heraus, dass in fast allen Fällen in der Erde Augen entwickelt, dass diese aber vor Erreichung der Oberfläche zu Grunde gegangen waren. In den Fällen, in welchen sie über die Oberfläche gelangt waren, hatten sie in der Erde ihre eignen Wurzeln gebildet, und stellten nun normal aufrecht stehende Pflanzen dar. — Wenn an den Spitzen in der Erde Wurzeln erzeugt waren, so standen sie regelmässig an Zahl, Stärke und Länge weit hinter denen zurück, welche die Basen der aufrecht gesetzten Zweige gebildet hatten. — Von allen diesen Erscheinungen war an den normal aufrecht gesetzten Zweigen nichts zu sehen. Sie hatten an ihren Basen kräftige Wurzelsysteme, an ihren Spitzen entsprechende Triebe gebildet, und standen üppig und gesund zu der Zeit, als die verkehrt gesteckten längst zu Grunde gegangen waren.

Um das Verhalten der Zweige bei verschiedenen Lagen und unter verschiedenen äusseren Bedingungen noch genauer zu studiren, wurde eine weitere Reihe von Versuchen angestellt.

Zunächst wurden zwei kräftige 2jährige Zweige in folgender Art mit Erde versorgt. Zwei Töpfe wurden in einer Höhe von 60 Ctm. über dem Tische an einem Stativ befestigt. Von unten führte ich durch die Abzugslöcher das Ende je eines Zweiges, im einen Falle das basale, im anderen das apicale; und umgab diese Enden in den Töpfen vollständig mit Erde, die beständig mässig feucht gehalten wurde. Der ganze übrige Theil der Zweige ragte frei nach unten in die Luft. Das Ganze wurde in die Nähe eines Westfensters gestellt. — Es war zu sehen, wie sich unter diesen Verhältnissen die Bewurzelung und Triebbildung an den beiden Enden gestaltete.

Es ergab sich folgendes Resultat. An dem Zweige, dessen Basis von Erde umgeben war, wurden an der Spitze kräftige Triebe gebildet, die anfangs nach unten wuchsen, dann aber eine weite negativ geotropische Krümmung beschrieben, bis sie die normale Wachsthumsrichtung erlangt hatten. Ausserdem war in der Nähe der Basis in der Erde ein Trieb gebildet, der sich über die letztere erhob und senkrecht nach oben wuchs. — Als später der Topf durchmustert wurde, stellte sich heraus, dass die

Basis des Zweiges ein reiches, ganz normales Wurzelsystem gebildet, dass ferner der in der Nähe der Basis gebildete Trieb seine eignen Wurzeln producirt hatte. Dieser Trieb wurde entfernt, und der Zweig jetzt normal aufrecht wieder eingepflanzt, so dass die Spitze mit ihren jetzt abwärts gekrümmten Zweigen nach oben sah. Die Pflanze ging bald zu Grunde. Es schien, als ob die zweimalige Umkehrung dieselbe innerlich so erschüttert hatte, dass trotz des anfänglich freudigen Wachsens bald ein Stillstand der Lebensfunctionen eintreten musste.

Der andere Zweig, dessen apicales Ende von Erde umgeben war, verhielt sich folgender Maassen. Es bildeten sich zuerst diejenigen Knospen aus, welche zunächst unter dem Topf standen. Ihnen folgten weitere aus der Nähe der Spitze, welche über die Erdoberfläche emporwuchsen, und, wie sich später herausstellte, in der Erde ihre eignen Wurzeln gebildet hatten. An der von der Luft umgebenen Basis des Zweiges entstanden in bekannter Art Wurzelanschwellungen. — Nach Verlauf von einigen Monaten ging der Zweig zu Grunde. Bei näherer Besichtigung fand sich, dass er in der Erde eine Anzahl schwacher Wurzeln erzeugt hatte, die aber offenbar nicht im Stande gewesen waren, ihn auf längere Zeit zu erhalten.

Eine mehrfache Wiederholung der eben beschriebenen Versuche ergab stets dasselbe Resultat.

Nunmehr wurde das Experiment so verändert, dass gleichzeitig Spitze und Basis kräftiger Zweige in Töpfe geleitet und mit Erde umgeben wurden, während die mittleren längeren Stücke der Luft und dem Licht ausgesetzt waren. Die ganze Vorrichtung entsprach der vorhin erörterten; auch jetzt wurden die Objecte theils aufrecht, theils verkehrt gestellt. — Wieder bestätigte sich die alte Erfahrung, dass an der Basis reichlich Wurzeln erzeugt wurden, gleichviel ob sich dieselbe oben oder unten befand, während die Wurzelproduction an der Spitze nur sehr gering war oder gar nicht stattfand. Hinsichtlich der Triebbildung an diesen Zweigen ist nichts Besonderes zu bemerken; doch wurde auch hier wieder ein Fall beobachtet, in welchem an einem verkehrt stehenden Zweige eine Knospe in der Nähe der Basis aus- und über die Erdoberfläche emporwuchs, und sich zu einem kräftigen selbstständigen Triebe entwickelte.

Eine geringe Modification des letzten Experimentes wurde

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

dadurch hergestellt, dass statt zweier Töpfe deren drei am Zweige angebracht wurden: je einer an der Spitze und Basis, und je einer in der Mitte des Zweiges. Der Versuch wurde mit zwei kräftigen, möglichst gleichstarken Zweigen derselben Art ausgeführt, und zwar wieder so, dass der eine verkehrt, der andere aufrecht stand. — Das Verhalten dieser Zweige war nicht uninteressant. An dem in verkehrter Stellung angebrachten Zweige waren nach zwei Monaten im oberen Topfe 12 vielverzweigte Wurzeln ausgewachsen, die, wie aus der Farbe zu schliessen war, aus der ersten Zeit des Versuches stammten. Im mittleren Topfe hatte der Zweig eben so viele, aber kürzere Wurzeln producirt, die noch jung und frisch waren. An der Spitze im unteren Topf waren nur vier und zwar ganz kurze Wurzeln gebildet. — Die stärksten Triebe standen an diesem Zweige zwischen dem unteren und mittleren Topfe; ein paar andere, etwas schwächere auf der Strecke zwischen dem mittleren und oberen Topfe. — Verschieden davon führte der aufrecht stehende Zweig seine stärksten Wurzeln im untersten Topfe; sie waren reich verzweigt und in einer Zahl von 11 vorhanden. Im Bereich des mittleren Topfes hatte der Zweig nur 4 Wurzeln gebildet, von denen 2 nur sehr schwach waren. Im oberen Topfe waren gar keine Wurzeln vorhanden. Die längsten und meisten Triebe waren zwischen dem oberen und mittleren Topfe entwickelt; zwischen dem unteren und mittleren Topfe hatten nur ein paar Knospen eben ihre Hüllen durchbrochen.

Nach unsern früher gemachten Erfahrungen dürfen wir annehmen, dass die Verschiedenheiten in dem Verhalten der beiden Zweige der Hauptsache nach auf den Einfluss der Schwerkraft zurückzuführen sind.

Weitere Versuche wurden in der Art angestellt, dass die Töpfe der Mitte der Zweige aufgeschoben, und dass im Bereich derselben je ein Ringelschnitt mit einer zur besseren Wasserleitung dienenden Einkerbung in das Holz gemacht wurde. Die obere und untere Schnittfläche der Zweige wurden mit Lack verschlossen, und wieder die Objecte theils aufrecht, theils verkehrt gestellt. Die sonstige Behandlung war wie in den früheren Versuchen. Wie in den oben besprochenen Fällen, in denen anstatt der feuchten Erde flüssiges Wasser geboten wurde, verhielten sich auch jetzt die Zweige je nach den Arten, denen

sie entnommen waren, verschieden. Stets wurden Wurzeln an der durch den Ringelschnitt erzeugten Basis gebildet, gleichviel ob dieselbe sich über oder unter dem Ringelschnitt befand; an der durch den letzteren gebildeten Spitze waren bald keine, bald nur schwache Wurzeln vorhanden. An den Lebenseinheiten, deren Basen in die Luft ragten, wurden stets Wurzelanschwellungen producirt; und es gingen diese Einheiten meist schon zu einer Zeit zu Grunde, in welcher die mit ihnen durch den Holzkörper verbundenen Individuen noch frisch und gesund waren. — Hinsichtlich des Auswachsens der Knospen kann auf früher Gesagtes verwiesen werden.

Aus den erörterten Versuchen, zu denen ich noch die Darstellung einer Reihe anderer fügen könnte, die aber immer nur dasselbe lehren, geht hervor, dass der innere Charakter der Zweige sich unter allen Umständen geltend macht. Unzweifelhaft gilt dies für die ersten Wachsthumsstadien. Ob es gelingt, ihn bei verkehrtem Einsetzen der Zweige selbst umzukehren, d. h. Spitze zur Basis und Basis zur Spitze zu machen, können wir nach unsern Versuchen nicht entscheiden. Diese lieferten stets ein negatives Ergebniss, denen aber die positiven Angaben früherer Physiologen gegenüber stehen. Sollte sich durch neue Experimente die Richtigkeit der Beobachtungen der letzteren herausstellen, dann läge ein Fall vor, in welchem durch äussere Einflüsse, und zwar nach unseren Untersuchungen in erster Linie durch die Schwerkraft und das Licht, ein erblicher Charakter nicht etwa bloss aufgehoben, sondern in sein gerades Gegentheil verkehrt würde.

Von Bedeutung ist noch folgende Angabe von Herrn Professor *A. Wigand* in Marburg. Es war mir gelegentlich berichtet worden, dass derselbe seinen Zuhörern eine Weide gezeigt habe, bei welcher das Experiment der Umkehrung gelungen sei. Auf meine darüber an ihn gerichtete Anfrage erhielt ich folgende Mittheilung.[1])

Vor mehreren Jahren wurde im Marburger botanischen Garten ein Weidenbäumchen aus dem Boden genommen, und ver-

[1]) Ich unterlasse nicht, Herrn Professor *Wigand* sowohl für seine Mittheilung, als für die Ermächtigung, dieselbe hier anzuführen, meinen besten Dank auszusprechen.

kehrt so wieder eingesetzt, dass die Wurzeln nunmehr der Luft und dem Licht ausgesetzt, die Zweige dagegen von Erde umgeben waren. Es stellte sich heraus, dass die Wurzeln in der Luft vertrockneten und abstarben, dass sich aber dicht unterhalb derselben Laubsprosse bildeten, welche offenbar aus Adventivknospen ihren Ursprung nahmen. Auf diese Weise erhielt das Stämmchen an seinem nunmehr oberen Ende eine neue Krone. — Auf der anderen Seite sprossten aus den von feuchter Erde umgebenen Zweigen und dicht über denselben aus dem Stamme Adventiv-Wurzeln hervor, während die vorhandenen Laubknospen zu Grunde gingen. Es schien sonach, als wollte hier die Umkehrung glatt gelingen, allein nun bemerkt Herr Professor *Wigand* wörtlich: „Das Bäumchen hat mehrere Jahre hindurch fröhlich gewachsen; in der Folge entwickelten sich aber an seiner ganzen Länge, besonders nach unten kräftige Laubtriebe, und in dem Maasse starb der Stamm mit seinen zuerst entwickelten Zweigen von oben her ab, und wurde endlich, als das Ganze zu einem Busch geworden war, abgeschnitten."

Wir werden alsbald über einen Versuch mit einem Lycium-Zweige berichten, der ein ganz ähnliches Resultat ergab.

b. Versuche mit Zweigen von Lycium babarum.

Nachdem meine ersten Umkehr-Experimente mit Weidenzweigen im Sommer 1874 nicht hatten gelingen wollen, sah ich mich nach einem geeigneteren Objecte um. Ein solches glaubte ich in Lycium barbarum zu finden.

Kräftige 1 und 2jährige Zweige dieser Pflanze von 50—55 Ctm. Länge wurden in derselben Art, wie früher die Weidenzweige, in grosse, mit Erde gefüllte Thonschalen gesetzt und mit Glasglocken überdeckt. Wieder stand ein Theil der Objecte aufrecht, der andere verkehrt. Die Versuche wurden eingeleitet in den Monaten März und April 1875, und anfänglich im geheizten Zimmer in die Nähe eines Westfensters gestellt.

Fast alle Zweige zeigten bald ein üppiges Wachsthum. An den meisten wuchsen anfänglich Knospen auf der ganzen oder nahezu der ganzen Länge des Zweiges aus; allein die der Spitze eilten in der Regel den übrigen im Wachsthum bald voraus, gleichviel ob dieselbe nach oben oder nach unten gerichtet war; an den Zweigen mit der letzteren Stellung waren es die dicht über der

Erdoberfläche befindlichen Knospen, welche den Vorzug erfuhren. Gleichzeitig bildete sich auf der ganzen Länge der Zweige eine Anzahl der vorhandenen Wurzelanlagen aus, und es ergab sich hierbei kein wesentlicher Unterschied, wenn die vorwiegend mit Wurzelanlagen besetzte Seite des Zweiges dem Fenster zu- oder abgekehrt war.

Als die Zweige sich fest bewurzelt hatten, wurden die Glocken nach und nach entfernt, und die Zweige allmälig an die Zimmerluft gewöhnt. Ihr Wachsthum setzte sich in derselben Weise fort, wie es begonnen. Der Gegensatz zwischen Spitze und Basis prägte sich immer schärfer in der Länge der Triebe aus; ja an einzelnen der umgekehrten Zweige fingen die Basalaugen schon an, zu Grunde zu gehen.

Von dem beschriebenen Verhalten der invers gesetzten Zweige machten nur 4 eine Ausnahme. An ihnen waren die stärksten Triebe nicht an der Spitze dicht über der Erde, sondern in der Mitte, und an einem Zweige sogar etwas über derselben nach der Basis hin gebildet.

Als Anfangs Mai die Schalen zu eng wurden, nahm ich die Zweige heraus. Es fand sich, dass in Bezug auf Bewurzelung an den in die Erde gesetzten Spitzen und Basen kein erheblicher Unterschied wahrzunehmen war; dagegen zeigte sich nach anderer Richtung eine bedeutende Differenz. An allen verkehrt eingesetzten Zweigen waren in der Erde lange, kräftige Triebe gebildet, welche dicke, schuppenartige Niederblätter führten. Keiner der aufrecht gesteckten Zweige besass derartige Triebe.

Von den sämmtlichen Zweigen wurden nur 8 wieder eingepflanzt, 4 der aufrecht gewachsenen, und von den umgekehrten diejenigen 4, welche am meisten von dem gewöhnlichen Verhalten der letzteren abgewichen waren. Sie schienen mir die meiste Aussicht auf das Gelingen einer völligen Umkehrung zu bieten.

Im Laufe des Sommers entwickelten sich die aus den aufrecht eingesetzten Zweigen hervorgegangenen Pflanzen in normaler Weise. Ihre apicalen Triebe bildeten lange überhängende Zweige, welche mit wohlausgebildeten Blättern besetzt waren. — Von den verkehrt stehenden Objecten gingen bis zum Anfange des Winters 3 von der Basis aus allmälig zu Grunde. Die Triebe, welche der mittleren Partie der Zweige entsprangen, vertrockneten; und nur

diejenigen blieben gesund, welche in der Erde und an deren Oberfläche gebildet waren. Die Besichtigung ergab, dass sie ihre eignen Wurzeln producirt, und sich somit von dem Mutterzweige unabhängig gestellt hatten. — Ganz anders verhielt sich der 4. Zweig. Er hatte auf seiner nach oben sehenden basalen Hälfte 3 kurze Zweige gebildet, die auf einer geringen Strecke oberhalb der Mitte vertheilt waren. Auf der freien apicalen Hälfte standen 4 Zweige: ein kurzer gleich unter der Mitte, ein etwas längerer und mehrfach verzweigter darauf folgend, dann ein sehr kräftiger, der längste des ganzen Systems, und endlich der 4. nicht ganz weit von der Erdoberfläche stehende, der aber beträchtlich weniger stark war, als der vorige. Ein Trieb war unmittelbar an der Erdoberfläche erzeugt, und ein letzter endlich noch näher an der Spitze, der sich aufwärts gekrümmt hatte und über die Oberfläche getreten war. Diese Pflanze wuchs und grünte mit allen ihren Trieben bis zum Herbst; dann liess sie ihre Blätter fallen, und wurde den Winter nebst den übrigen Pflanzen im frostfreien Zimmer gehalten. — Im Frühjahr 1876 trieben sämmtliche Zweige dieser Pflanze mit Blättern besetzte Seitensprosse, die an den schwächeren nur sehr kurz blieben, an dem starken dagegen grössere Länge erreichten. Schon glaubte ich, mit diesen Objecte endlich die Schwierigkeiten überwunden zu haben, welche der Umkehrung entgegenstehen; allein die Folge enttäuschte meine Hoffnungen. — Zunächst zeigte sich eine sehr merkwürdige Erscheinung. Es nahm nämlich die Grösse der Blätter um so mehr ab, je weiter die sie tragenden Zweige von der Spitze entfernt standen. Am grössten waren die des aus der Erde hervortretenden und des an der Oberfläche derselben stehenden Zweiges; von da aus nach der Basis hin wurden sie immer kleiner. Schon Ende Mai nahmen die Blätter der vier kleinen Zweige, welche der Basis am nächsten standen, ein gelbliches Aussehen an; bald darauf fielen sie ab, und in Kurzem vertrockneten die Zweige selbst vollständig. Ihnen folgte im Laufe des Monats Juni der 5. Zweig. Der nächstfolgende stärkste Seitenzweig blieb frisch, allein seine Triebe stellten ihr Wachsthum bald ein, und es traten ungewöhnlich zahlreiche Blüthen auf.[1]) Genau ebenso verhielt sich der 7., letzte Zweig über der Erdoberfläche. —

[1]) Das Verhältniss zwischen Laub- und Blüthensprossen wird im zweiten Theile erörtert werden.

Längere Seitentriebe erzeugte derjenige Zweig, welcher an der Erdoberfläche entsprang, und einen sehr kräftigen Laubspross derjenige, welcher aus dem Boden selbst hervor kam. — Gegen Mitte des Sommers drang endlich aus der Erde noch ein neuer Zweig hervor, der, wie eine spätere Untersuchung ergab, unmittelbar an der Spitze des Mutterzweiges seinen Ursprung nahm. Dieser Trieb wuchs sehr schnell empor, erzeugte Blätter, welche alle übrigen, die der kleinen Zweige selbst um das Mehrfache, an Grösse übertrafen; und erreichte schliesslich eine Länge von 1,50 Meter. Im Laufe des Nachsommers producirte er selbst drei weitere kräftige Zweige auf seiner Oberseite. — Zur Zeit des Blätterfalls endlich liessen die über der Erde stehenden Zweige ihre Blätter ungleich früher fallen, als die aus derselben hervorgehenden Zweige; ja diese waren noch völlig grün, als jene schon blattlos dastanden. Es zeigte sich ferner, dass die Spitzen der von jenen Zweigen in diesem Jahre erzeugten Seitentriebe vertrocknet waren, während an den der letzteren nichts Derartiges zu sehen war. — Die Pflanzen wurden den Winter hindurch wieder sorgfältig aufbewahrt.

Im nächsten Frühling (1877) bildeten sich, nachdem der Pflanze ein grösserer Topf und frische Erde gegeben war, an allen Zweigen, welche aus der Erde hervorgingen, und an den beiden, welche zunächst über derselben entsprangen, Blätter; allein es zeigten sich wieder jene auffallenden Grössenunterschiede, welche schon im Vorjahre beobachtet waren. Schon nach kurzer Wachsthums-Periode wurden die Blätter der über der Erde stehenden beiden Zweige gelb und fielen bald ab (Ende Mai), während die aus der Erde hervorragenden Zweige reichlich Seitentriebe mit normal entwickelten Blättern erzeugten. Diese grünten fröhlich weiter, während jene Zweige nach und nach vertrockneten. — Bei der Besichtigung des Ballens im Topfe fand sich, dass alle in seinem Bereich entsprungenen Seitenzweige ihre eignen Wurzeln entwickelt hatten, und somit von dem mütterlichen Object unabhängig waren.

Die eben beschriebenen Versuche mit Lycium-Zweigen, dem das oben erwähnte Experiment von Herrn Professor *Wigand* an die Seite zu stellen ist, beanspruchen einiges Interesse. Während bei den meisten Zweigen die üblen Folgen der Umkehrung sich sofort zeigten, traten dieselben bei einer geringen Anzahl erst

nach Verlauf von Monaten hervor, und bei einem endlich zeigten sie sich erst nach mehr als einem Jahre. Und zwar waren es dann erst die Anfänge der Wirkung; der eigentliche Effect offenbarte sich erst nach mehr als zwei Jahren. — Vor Allem mahnen uns diese Thatsachen zur Vorsicht bei der Beurtheilung der häufig wiederkehrenden Angaben über das leichte Gelingen solcher Versuche. Nach den bestimmten Angaben von *Leeuwenhoek, Duhamel* u. A. ist kaum daran zu zweifeln, dass eine völlige Umkehrung im Laufe der Zeit gelingt. Sicher aber ist, dass die letztere mit grossen inneren Schwierigkeiten verbunden ist, die sich erst sehr allmälig überwinden lassen. Diese inneren Widerstände dürften sich aber in den meisten Fällen in ganz bestimmter Weise äussern; darüber jedoch finden sich, abgesehen von den wenigen Bemerkungen bei *Duhamel,* bei den älteren Autoren keinerlei Angaben.

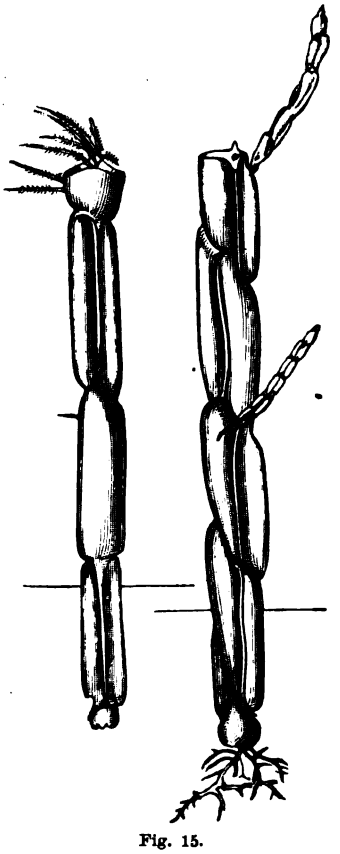


Fig. 15.

c. Versuche mit Cacteen.

Kräftige Stücke von Rhipsalis paradoxa, etwa 15 Ctm. lang, wurden theils aufrecht, theils verkehrt in mit Erde gefüllte Schalen so tief gesteckt, dass sie etwa 4 Ctm. bedeckt waren. Ueber die dem Licht ausgesetzten Theile wurden Glasglocken gestülpt, und das Ganze dem hellen Tageslichte ausgesetzt. Das Verhalten der Zweige ist in Fig. 15 dargestellt. An den aufrecht stehenden Zweigen bildete sich in der Erde ein reichverzweigtes Wurzelsystem, während junge Triebe aus dem oberen Theile hervorgingen. — Die verkehrt eingesetzten Zweige producirten ihre Wurzeln trotz des hemmenden Lichteinflusses ebenfalls an der Basis. Dieselben gingen meistens direct aus der basalen Schnittfläche, theils aus der Rinde unterhalb derselben

hervor; vereinzelt entstanden sie auch entfernt von der Basis. Alle diese Wurzeln zeigten negativen Heliotropismus. Die, welche der basalen Schnittfläche entsprangen, wuchsen anfangs senkrecht aufwärts, dann krümmten sie sich im weiten Bogen vom Lichte weg. Die einzelnen Wurzeln wurden im Licht gewöhnlich dicker, als in der Erde; dagegen wuchsen in diesem Medium beträchtlich mehr Seitenwurzeln aus, als in jenem. — Bildeten sich an den verkehrt gesteckten Zweigen Seitentriebe, so krümmten sich diese in weitem Bogen aufwärts. — Bei genügend langer Dauer des Versuchs gingen an den verkehrt stehenden Objecten die Spitzen, soweit sie von Erde umgeben waren, zu Grunde. Wurden die defecten Stellen dann noch rechtzeitig weggeschnitten, und die Objecte aufrecht eingesetzt, so erhielten sie sich in den meisten Fällen; in einzelnen gingen sie später aber auch dann vollständig zu Grunde.

Die gleichen Versuche wurden mit Zweigen verschiedener Phyllocactus-Arten und der Rhipsalis pachyptera angestellt, und zwar auch hier mit demselben Erfolg. Die in Erde gesteckten Spitzen gingen regelmässig in Fäulniss über, während die dem Licht ausgesetzten Basen Wurzeln producirten. — Auch Stücke von Lepismium radicans wurden mit dem apicalen Theile in Erde gesteckt. Um möglichst sicher zu gehen, wurden ältere Stücke gewählt, die aus längeren Trieben herausgeschnitten waren. Auch diese gingen mit dem in Erde befindlichen Theile bald, und, wenn sie nicht mit der Basis normal eingesetzt wurden, später ganz zu Grunde.

Ueberhaupt ist der Gegensatz zwischen Spitze und Basis bei allen von mir darauf untersuchten Cacteen ungemein scharf ausgesprochen. Man schneide aus einem älteren Exemplar einer der grossen Mammillaria-Arten ein scheibenförmiges Stück, an dem äusserlich Spitze und Basis kaum zu erkennen sind, und lege dieses in beliebiger Lage frei hin. Nach einiger Zeit wird man beobachten, dass an der Basis des Stückes aus der Peripherie des Holzkörpers ein Kranz von Adventiv-Wurzeln hervorgeht, während aus den Achseln einiger Mammillen an der Spitze Triebe hervorwachsen.

Bei einigen Arten macht sich die wurzelbildende Wirkung der Basis darin geltend, dass die jungen Triebe, noch während sie an der Mutterpflanze befestigt sind, an ihrer Basis Luftwurzeln

produciren. Ich habe diese Erscheinung hin und wieder beobachtet an Zweigen von Rhipsalis poradoxa, Phyllocactus-Arten, und besonders häufig an Epiphyllum truncatum und an den kurzen Zweigen von Rhipsalis Saglionis. Zumal, wenn man diese Pflanzen unter Glasglocken zieht, kann man das Auftreten von Wurzeln an den fraglichen Orten nicht selten wahrnehmen.

d. Versuche mit Impatiens grandifolia.

Von besonderem Interesse sind die Versuche, welche mit den Zweigen der genannten Impatiens-Art angestellt wurden. Dieselbe hat sehr saftige, durchscheinende, mit wohlausgebildeten Knoten versehene Stengel. Nimmt man davon während der warmen Sommerzeit Stücke, gleichviel ob mit oder ohne den apicalen Vegetationspunkt, setzt dieselben in eine mit Erde gefüllte Schale, und überdeckt sie mit einer Glasglocke, so bilden sie fast regelmässig an ihrer Basis Wurzeln, am leichtesten, wenn diese durch den Schnitt unmittelbar unter einen Knoten verlegt wurde. — Ganz anders aber gestaltet sich die Sache, wenn man die Zweige verkehrt einsetzt. Man kann dazu nicht solche Stücke verwenden, welche mit dem apicalen Vegetationspunkte versehen sind, sondern nur schon genügend harte, aus der Mitte längerer Stengelglieder entnommene. Führt man mit solchen den Versuch aus, so findet man, dass regelmässig der von Erde umgebene Theil zu Grunde geht. Befindet an dem Stück dicht über der Erde ein Knoten, so reicht der Zersetzungsprocess nur bis zu diesem; ist der Knoten dagegen höher gelegen, so wird das ganze Internodialstück bis zu dem letzteren mit ergriffen. Während dieses geschieht, manchmal schon zu einer Zeit, in der äusserlich kaum ein Farbenwechsel an den Zweigen zu bemerken ist, wird das ganze basale Stück von dem nächsten über der Erde befindlichen Knoten an, diesen mit einbegriffen, abgeworfen. Die Trennungsstelle befindet sich dicht über dem Knoten (über hier im morphologischen Sinne genommen). In keinem meiner Versuche ging das letztere mit dem in Erde befindlichen Theile zu Grunde, sondern fiel stets gesund zu Boden, sobald es mindestens einen Knoten enthielt. Ragt dagegen bloss ein Internodialstück aus der Erde empor, so geht dieses regelmässig mit zu Grunde. — In Folge des umgekehrten Einsetzens entsteht an der Spitze der Zweige eine krankhafte Partie, von welcher sich der basale gesunde Rest

als eignes Individuum abgrenzt. Horizontal auf der feuchten Erde des Topfes liegend kann dieser sich noch lange Zeit gesund erhalten, und sogar an der Basis Wurzeln erzeugen. Gewöhnlich aber kommt es hierzu nicht, sondern es bildet sich an der Basis wohl ein Callus, aber keine Wurzeln. Um deren Erzeugung hervorzurufen, muss man die Stücke vertical aufrecht in Erde setzen; dann entstehen sie in fast allen Fällen.

e. Versuche mit anderen krautigen Pflanzen.

Noch mit einer Reihe anderer Pflanzen wurden Umkehrungs-Versuche angestellt. Es dienten dazu Zweige von Heterocentron diversifolium, Fuchsia, Coleus u. s. w. In den meisten Fällen gingen die umgekehrt eingesetzten Objecte einfach zu Grunde; in anderen trieben sie an der der feuchten Luft und dem Licht ausgesetzten Basis Wurzeln, während an der von Erde umgebenen Spitze keine entstanden; in selteneren Fällen bildeten sich auch an dieser schwache Wurzeln. — Mehrfach kam es dabei vor, dass im Bereich der Erde oder an deren Oberfläche Achselsprosse auswuchsen, die sich dann bogenförmig nach oben krümmten und an ihrer eignen Basis Wurzeln erzeugten. An solchen nun normal aufrecht wachsenden Tochterpflanzen konnte dann das umgekehrte mütterliche Stück sich noch lange frisch erhalten. Einen solchen sehr instructiven Fall bot ein Heterocentron-Zweig dar. Das ganze in und über der Erde bis zum nächsten Knoten reichende Stück ging in Zersetzung über; der Knoten befand sich 10 Mm. über der Erdoberfläche. Aus der Achsel des einen seiner Blätter wuchs ein Spross hervor, der sich alsbald negativ geotropisch nach oben krümmte, und aus der Höhe herab seine Wurzeln durch die Luft in den Boden sandte. Das umgekehrte mütterliche Stück, welches an seiner Basis einen Kranz vertrockneter Wurzeln führte, hielt sich noch geraume Zeit gesund.

f. Versuche mit Wurzeln.

Auch mit Wurzelstücken wurden die einfachen Umkehr-Versuche angestellt. Kräftige Stücke von Pappeln- und Ulmen-Wurzeln, 20—30 Ctm. lang und 10—18 Mm. dick, wurden theils aufrecht, theils verkehrt mit den unteren Enden in mit Erde gefüllte Töpfe gesteckt, und dann, mit Glasglocken bedeckt, dem Tageslichte ausgesetzt. — Bei genügend hoher Temperatur erzeugten

die verkehrt eingesetzten an ihrer Basis bald einen Callus, und aus diesem zahlreiche Sprosse in der früher angegebenen Art. Aus dem apicalen Ende gingen, und zwar leicht bei der Pappel-, schwerer bei der Ulmenwurzel, neue adventive Wurzeln hervor. Von den aufrecht eingesetzten Stücken producirten die meisten an ihrem apicalen Ende einen mehr oder minder kräftigen Callus, aus welchem aber niemals weitere Bildungen entstanden. Alle diese Stücke gingen früher oder später von der Spitze aus zu Grunde. Beim Herausnehmen derselben aus dem Topfe fand sich, dass in der Regel an der Basis ein Callus erzeugt war. Während aber bei den einen Stücken damit die Neubildung ihr Ende erreicht hatte, waren bei den anderen trotz der ungünstigen äusseren Verhältnisse ausserdem noch Adventiv-Sprosse gebildet, welche sich energisch negativ-geotropisch aufwärts gekrümmt hatten. — Wurzeln wurden an den Basal-Enden niemals beobachtet.

Zur Theorie der künstlichen Vermehrung durch Stecklinge und Ableger.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen ergiebt sich das Material zur Erklärung einer Reihe von Methoden, welche seit kürzerer oder längerer, z. Th. seit undenklicher Zeit in der Praxis der künstlichen Pflanzen-Vermehrung gebräuchlich sind. Es handelt sich nämlich um die Vermehrung durch sogenannte Stecklinge und Ableger, ein Gegenstand, der in den älteren Lehrbüchern der Botanik stets ein eignes Capitel beanspruchte, und dessen wesentliche Züge hier wegen des Zusammenhangs mit unserer Arbeit eine kurze Darstellung finden sollen. Selbstverständlich kann es sich hier nur um die hauptsächlichsten Momente handeln; die Erörterung aller Einzelheiten bleibt unterlassen, und ist in den betreffenden Special-Schriften nachzusehen.

Unter einem Steckling versteht man jeden Theil eines Stengels, einer Wurzel oder eines Blattes, der von vornherein völlig von der Pflanze getrennt, und in Verhältnisse gebracht wird, unter denen er sich zu einem selbstständigen Individuum gestalten kann. — Als Ableger bezeichnet man den Theil dann, wenn er während der Wurzelbildung noch ganz oder partiell mit der Mutterpflanze in Zusammenhang bleibt, und von dieser so lange ernährt wird, bis er sich selbst erhalten kann.

Vermehrung durch Ableger.

Dieses Verfahren wird dann angewendet, wenn die Zucht durch Stecklinge nicht mit genügender Sicherheit und Leichtigkeit von Statten geht. Die gewöhnlich ausgeübte Methode besteht darin, dass man den betreffenden Zweig abwärts biegt, mit einem bogenförmig gekrümmten Theile in Erde legt, und in dieser so befestigt, dass die Spitze wieder frei emporragt. — Bei Pflanzen, die sich leicht bewurzeln, genügt die eben beschriebene Manipulation allein; bei solchen, die schwer Wurzeln produciren, muss man noch ein anderes Verfahren einschlagen. Man bildet zu dem Ende eine ganze oder partielle Basis im Bereich der Erde. Dies geschieht entweder durch einen einfachen Quereinschnitt in die Rinde, durch Abheben eines kurzen Längsstückes vom Stengel, durch festes Umschnüren des Stengels mit Draht oder Ausführung eines völligen Ringelschnitts, oder endlich durch eine Drehung des Zweiges in der Region, welche mit Erde bedeckt ist.

Bei solchen Pflanzen, deren Stengel Knoten besitzen, wie die Gartennelke, Dianthus Caryophyllus, macht man die partielle Basis gleich unter einem solchen; am Knoten herrscht die grösste Neigung, Wurzeln zu bilden.

Das bogenförmige Abwärtsbiegen kann an längeren Zweigen mehrfach hinter einander geschehen. Es werden dann soviel neue Individuen erzeugt, als Krümmungen vorhanden sind.

Nicht immer wird der Zweig abwärts gebogen. In manchen Fällen ruft man die Bildung ganzer oder partieller Basen auch in höheren Regionen der Pflanzen hervor, und umgiebt dieselben mit kleinen, mit Erde oder Wasser gefüllten Töpfen, Gläsern oder Beuteln. — Damit verwandt ist das sehr einfache Verfahren, das bei manchen Sträuchern eingeschlagen wird. Man umhäuft die sämmtlichen dem Boden entspringenden Zweige bis zu beträchtlicher Höhe mit Erde. Jeder einzelne Zweig bildet dann in dieser seine Wurzeln, und wird später isolirt.

Bei der Erzeugung von Wurzelablegern verfährt man einfach so, dass man die Wurzeln verletzt, und dadurch partielle Basen erzeugt. Bei der Vermehrung im Grossen hebt man unter Umständen die Erde von sämmtlichen grösseren Wurzeln eines Baumes weg, und bringt an den letzteren zahlreiche Verletzungen an. Man ruft dadurch gleich eine schaarenweise Bildung von Sprossen hervor.

Bei der in den verschiedenen Fällen stattfindenden Bewurzelung kommen offenbar sehr verschiedene Factoren in Betracht. — Wird ein Zweig einfach in die Erde hinabgebogen, so wirken nach unsern früher gemachten Erfahrungen zur Beförderung der Wurzelbildung an der gekrümmten Stelle die Verdunkelung, das durch die Krümmung verursachte Wachsthum, die Schwerkraft, und der Contact mit feuchter Erde. — Die drei erstgenannten Factoren werden besonders auf die erste Anlage der Wurzeln von Einfluss sein; für das weitere Wachsthum derselben kommt der letztere in erheblicher Weise mit in's Spiel.

In den Fällen, in welchen an den Zweigen noch eine der erwähnten Verletzungen angebracht wurde, kommt zu den genannten Momenten noch ein weiteres, die Wirkung der Basis, zweifellos das mächtigste. Die Basis selbst kann nun vollständig oder nur partiell sein. Im ersteren Falle wird bei normalem dicotylem Stammbau dem jungen Individuum von der Mutterpflanze aus wahrscheinlich nur Wasser nebst den darin gelösten Substanzen zugeführt; im letzteren tritt zu diesen noch organisches Baumaterial.

Die einfacheren Formen des Ablegens sind uns schon aus dem Alterthum [1]) überkommen. Dass man zu den Zeiten *Theophrast's* schon die Folgen einer Verwundung kannte, geht aus der Angabe [2]) hervor, dass man, um Feigen zu vermehren, die stärkeren aus der Erde hervorgehenden Aeste über der letzteren mit dem scharfen Theile einer Axt so stark verwunden solle, dass nur ein kleiner Theil unversehrt bliebe, und dass man um die Wundstelle Sand anhäufen solle. Auf diese Weise werde man schöne Pflanzen erhalten. — *Cato* [3]) beschreibt schon ein Verfahren, jeden beliebigen Ast eines Baumes, ohne ihn herabzubiegen, zum Ableger zu machen. Man umgiebt den Ast nämlich an irgend einer Stelle mit einem Korbe oder einer Schale, füllt sie mit Erde, und erhält diese feucht. Der Ast wird nun im Bereich der Erde Wurzeln bilden; nachdem dies geschehen, schneidet man ihn unter dem Gefäss ab, und erhält so eine neue, selbstständige Pflanze.

---

[1]) *Theophrasti Eresii* opera omnia ed. Wimmer. Prarisiis 1866. Historia plantarum cap. V.

[2]) l. c. p. 26.

[3]) Scriptores rei rusticae ed. Gesner. Vol. I. p. 40. Cap. LII.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Wann das Verfahren, durch einen vollständigen Ringelschnitt Ableger zu machen, aufgekommen ist, lässt sich schwerlich sagen. Sicher ist, dass es schon zu *Malpighi's*[1]) Zeiten in Gebrauch war. — Die in neuerer Zeit öfter gemachte Angabe, *Knight* sei der Urheber dieser Methode, beruht auf einem Irrthum. Abgesehen von *Malpighi* hatte auch *Duhamel*[2]) dieselbe schon ausführlich beschrieben.

Einen speciellen Fall der Bildung partieller Basen hat *Agricola*[3]) beschrieben. Derselbe hob mit einem eigens zu diesem Zweck verfertigten Instrument, dem Wurzelgriffel, Rindenlängsstücke auf kurze Strecke einseitig vom Stamm ab, bewahrte sie vor dem Wiederverwachsen, und umgab sie mit Erde, die in einem Beutel dargereicht wurde. Jedes solche Stück stellte eine partielle Basis dar und producirte Wurzeln. War dies geschehen, so wurde der Zweig vom Mutterstamm getrennt. Das Ganze stellt eine geeignete Modification des *Cato*'schen Verfahrens dar.

Vermehrung durch Stecklinge.

Man schlägt dieses Verfahren, das weitaus verbreitetste, sowohl an Stamm- und Stengel-, als auch an Wurzelstücken und Blättern ein.

a. Stamm- und Stengelstecklinge.

Will man Weiden und Pappeln gleich in stärkeren Pflanzen haben, so nimmt man kräftige Aeste, spitzt diese an der Basis zu, und setzt sie in die betreffenden Löcher. Solche starke Exemplare tragen auch den Namen Setzlinge.

Sollen weiche, krautige und zahlreiche holzige Pflanzen ver-

---

[1]) *Malpighi.* Opera omnia I. Londini, 1686. De ovo incubato p. 35. Epist. ad. Sponium. — Vergl. Philos. Transact. Abridg. Vol. II. 1705. p. 706. Die Stelle lautet: „Quapropter florum cultores soluto in girum cortice, ut alias indicavimus, tenellum ramum a paterno emancipant trunco, circum affusa madida terra, in qua erumpentes novae radiculae supra sectionem vegetare incipiunt; alimentum enim inferiora versus propulsum, vel expressum, non solum prope corticis sectionem stagnando tumorem excitat, sed foras irruendo in radiculos absumitur; unde sui juris factus surculus, paterna tandem dissociatur trunco."

[2]) Physique des Arbres. II, S. 110 u. 139.

[3]) *Agricola.* Versuch einer allgemeinen Vermehrung aller Bäume etc. Regensburg, 1772. S. 144 nebst Tafel.

mehrt werden, so macht man unmittelbar unter einem Knoten oder einer Knospe einen scharfen horizontalen Schnitt, und setzt den unteren Theil mehr oder minder tief in Erde. Wie wir gesehen haben, bilden sich im einen Falle ausschliesslich am Knoten Wurzeln; im anderen, wie bei unserem Heterocentron, entstehen sie an jeder beliebigen Stelle der Rinde; und dann braucht man mit dem Schnitt auf den Knoten keine Rücksicht zu nehmen, sondern kann die Basis verlegen, wohin man will.

Bei manchen Pflanzen, zumal solchen, die mit hartem Holz versehen sind, geschieht die Vermehrung durch einzelne Knospen. Man schneidet eine solche mit einem Stückchen Holz vom Mutterzweige ab, und legt dieses horizontal auf oder bis zu geringer Tiefe so in Erde, dass das Auge nach oben sieht. — Dasselbe Verfahren findet auch bei einigen Dracaena-Arten statt, jedoch mit dem Unterschiede, dass hier einfach grössere Stengelstücke der Länge nach halbirt, und horizontal, die Schnittfläche nach unten gerichtet, in Erde gelegt werden. Die in den Achseln der nach oben sehenden Blattbasen befindlichen Sprossanlagen bilden sich aus, und werden später als selbstständige Pflanzen von dem ursprünglichen Stück getrennt. Bei der Durchmusterung von einer grösseren Anzahl solcher Stücke, die in einem Warmhause 5—6 Ctm. tief in ein Beet gelegt waren, fand ich, dass in allen Fällen die Knospen an der Spitze, und an dieser meist immer auf der Oberseite gebildet waren. An der Basis, und zwar gewöhnlich auf deren Unterseite, waren Wurzeln entstanden. — Der Regel, diese Stengelstücke zu halbiren, und so in den Boden zu legen, dass die Schnittfläche nach unten gerichtet ist, liegt offenbar die Erfahrung zu Grunde, dass vorwiegend die Knospen der Oberseite auswachsen.

Von Interesse ist das Verfahren[1]), das man bei Cycas-Stämmen anwendet. Man schneidet aus diesen Scheiben, und spaltet die letzteren wieder in eine Anzahl von Sectoren, die einzeln aufrecht in ein warmes Beet gesetzt werden. An jedem Sector bildet sich dann eine der vorhandenen Sprossanlagen aus, und diese werden später von dem Mutterstück getrennt. Ebenso lässt sich noch eine Reihe anderer Pflanzen vermehren.

In manchen Fällen erweist es sich als zweckmässig, an dem

---

[1]) Zuerst von *Neumann* eingeführt. Vergl. dessen Kunst der Pflanzenvermehrung etc. IV. Aufl. Weimar, 1877. S. 81.

zum Stecklinge bestimmten Zweige ein kleines Stück des mütterlichen Trägers stehen zu lassen. An diesem bilden sich erfahrungsgemäss leichter Wurzeln, als an den jungen Theilen. — Ueber das Verhalten solcher Theile von verschiedenem Alter, die mit einander verbunden sind, habe ich einige Beobachtungen an Heterocentron angestellt. Dem Stecklinge wurde der Knoten des Mutterzweiges, an welchem er sass, ganz oder zur Hälfte gelassen, und dieser nebst dem unteren Theil des jungen Zweiges in Erde gesteckt. Fast regelmässig fand sich, dass dann, auch wenn keine sichtbaren Anlagen vorher an demselben bemerkt wurden, die ersten und stärksten Wurzeln von dem alten Knoten ausgingen; und dass erst später an den jungen Theilen ebenfalls Wurzeln gebildet wurden. Der Knoten des Tragzweiges löst sich in diesem Falle nicht von dem jungen Zweige ab, sondern bleibt mit ihm verbunden. Beide bilden eine Einheit, und es zeigt dies wieder augenscheinlich, dass die morphologische Anschauung von der Sprossindividualität physiologisch auf Unmöglichkeiten stösst.

Der Erwähnung verdienen noch diejenigen Fälle, in denen Wurzeln an scheinbar ganz ungehörigen Orten auftreten. So kommt es z. B. vor, dass, wenn man einzelne Knoten von Heterocentron diversifolium, über und unter denen nur ganz kurze Stengelstücke gelassen sind, mit ihren Blättern so tief in Erde steckt, dass die ersteren völlig bedeckt sind, nicht nur an den Knoten und den aus den Achseln der Blätter hervorgehenden Sprossen sich Wurzeln bilden, sondern dass diese auch an den Blattstielen und selbst an den beleuchteten Stellen derselben über der Erde entstehen. Worauf die Ursachen dieser Erscheinung beruhen mögen, ist mir zur Zeit unbekannt.

Was die physiologischen Ursachen betrifft, welche bei den vorhin aufgezählten Vermehrungsarten in Frage kommen, so gilt mutatis mutandis dasselbe, was oben bei Behandlung der Ableger gesagt wurde. — Dass auch die Tiefe, bis zu welcher die Stecklinge in die Erde gesteckt werden, von Belang ist, geht aus folgendem Versuch hervor. Zweigstücke von Heterocentron diversifolium, die theils tiefer im Internodium, theils dicht unter dem Knoten durchschnitten waren, wurden verschieden tief in Erde gesetzt, und dann mit Glasglocken bedeckt. Es stellte sich heraus, dass Wurzeln an der Basis, ausserdem aber auf der ganzen von Erde bedeckten Strecke, und zwar besonders an der Oberfläche der-

selben, und etwas darüber und darunter, erzeugt wurden. Aller Wahrscheinlichkeit nach kommen hierbei diejenigen Verhältnisse in Betracht, welche beim Eintauchen von Weidenzweigen in Wasser beobachtet werden. Wäre diese Vermuthung richtig, — und ich zweifle nicht daran, — dann vermöchte schon der blosse, durch die reichlichere Sauerstoffzufuhr verursachte, local erhöhte Stoffwechsel zur Ursache von Neubildungen zu werden.

b. Wurzelstecklinge.

Bei manchen Pflanzen erweist sich die Vermehrung durch Wurzelstücke leichter ausführbar, als die durch Stengelglieder. Man nimmt dann mehr oder weniger lange und dicke Wurzelstücke, und setzt diese verkehrt, mit der Spitze nach unten, in ein warmes Beet oder unter Glasglocken. — Die sich an der Basis bildenden Triebe werden entweder an dem Wurzelstück stehen gelassen, oder abgenommen und von Neuem gesteckt. — In manchen Fällen spaltet man die Stücke der Länge nach, um gleich eine grössere Anzahl von Individuen zu erhalten.

Pflanzen, bei denen die Vermehrung durch Wurzelstücke besonders in Anwendung kommt, sind u. A. Paulownia imperialis, Dais cotinifolia, Cydonia japonica, manche Acacia-, Plumbago-, Halesia- und Hermannia-Arten.

c. Blattstecklinge.

Die dritte Art der Vermehrung geschieht durch Blätter. Dieselbe empfiehlt sich bei vielen Pflanzen so sehr, dass sie bei diesen ausschliesslich in Anwendung kommt.

Nach unseren früheren Ausführungen ist der Vorgang dann am einfachsten, wenn das Blatt normal mit Sprossanlagen ausgerüstet ist, wie bei Bryophyllum calycinum. Sobald es dann von der Mutterpflanze getrennt, und unter günstige Bedingungen gebracht wird, bilden sich jene Knospen zu selbstständigen Individuen aus, die sich selbst ablösen oder abgelöst werden, und nun ihre eigne Existenz führen. In diesem Falle ist die Einheit in der Regel völlig neu, und ohne Anhängsel von der Mutterpflanze. — Anders aber gestaltet sich die Sache, wenn Wurzel und Knospe aus einer am Blatt künstlich erzeugten Basis hervorgehen, wie bei Begonia, Peperomia etc. Es entstehen dann diese Neubildungen direct aus der nicht angeschwollenen Basis,

oder es bildet sich an dieser erst ein Callus, aus welchem sie sich entwickeln. In beiden Fällen bleibt ein Theil des Mutterblattes mit dem neuen Individuum vereinigt; dieses besteht dann aus zwei verschiedenen Theilen, einem alten und einem neuen. Derartige Fälle habe ich sehr schön bei Begonia Rex beobachtet. An einem horizontal gelegten Blatt entstanden an einer durch einen Schnitt erzeugten Basis auf der Unterseite des Nerven Wurzeln, auf der Oberseite Triebe. Trotzdem die letzteren später ihre eignen Wurzeln erzeugten, gingen die zuerst auf der Unterseite gebildeten nicht zu Grunde, sondern blieben nebst dem Blattstielstück, aus welchem sie nebst den Trieben hervorgegangen waren, mit diesen vereinigt, und bildeten damit die neue Einheit.

Ueber die Bildungs-Centra auf gewissen Blättern ist schon früher gesprochen worden. — Dass ein grösseres Blatt eine beträchtliche Anzahl productionsfähiger Basen liefern kann, folgt schon aus dem früher Gesagten. Die Blätter der Begonia Rex liefern hierfür die besten Beispiele. Die Gärtner legen dieselben horizontal, die Oberseite nach oben gerichtet, auf feuchte Erde, und stecken den Blattstiel auf kurze Strecke in die Erde. Dann werden die stärkeren Nerven an zahlreichen, beliebig gewählten Stellen durchschnitten. Es entstehen nun ebenso viele Basen, und an jeder derselben bilden sich in der besprochenen Weise ihre Neubildungen. In anderen Fällen hebt man durch je zwei convergirende Schnitte kleine keilförmige Stückchen aus dem Mittelnerven eines Blattes, und legt dieses horizontal, mit der Oberseite nach oben, auf den Boden. An jeder durch einen Schnitt erzeugten Basis werden dann die bekannten Bildungen producirt. — Nicht ganz so einfach ist die Sache bei manchen Pflanzen mit harten Blättern, wie z. B. einigen Theophrasta-Arten. Hier steckt man jedes Blatt aufrecht mit der Basis in Erde; an dieser bildet sich dann ein Callus, aus welchem Wurzeln und Triebe hervorgehen. Doch braucht man auch hier nicht das ganze Blatt zu stecken, sondern kann es der Quere nach selbst mehrfach theilen, und die einzelnen Theilstücke verwenden. Ein Blatt liefert dann mehrere Basen, und diesen entsprechend mehrere neue Individuen.

Die Vermehrung durch Blätter findet ausser bei den schon früher angeführten Dicotylen auch bei manchen Monocotylen statt. Man steckt selbst blosse Zwiebelschuppen in Erde, um aus ihren Basen neue Pflanzen zu erzeugen. Ja in einzelnen Fällen steckt

man die Blätter, nachdem man sie der Länge nach ein oder mehrere Male gespalten hat. Es bilden sich dann an den Schnittflächen kleine Zwiebelchen, welche die Art erhalten.

Abstossung von Theilen.

Schon wiederholt ist auf das eigenthümliche Verhalten von einzelnen Pflanzentheilen zu einander, auf die Art, wie sie sich von einander ablösen, hingewiesen worden. Dieser Gegenstand bedarf noch einer etwas eingehenderen Erörterung.

Es wurde oben gezeigt, dass wenn man Zweigstücke von Heterocentron diversifolium, die aus einem Knoten nebst dessen Knospen und einem darüber und einem darunter befindlichen Internodialstück bestehen, in einem Glashafen aufhängt, zwar nicht regelmässig, aber doch sehr oft das apicale Stück glatt über dem Knoten abgeworfen wird. Gewöhnlich nimmt das Stück zuvor eine gelbliche Farbe an, offenbar das Symptom von inneren Zersetzungsvorgängen. Wahrscheinlich wird es erst dann abgeworfen, wenn die meisten der darin vorhandenen Nährstoffe zur Production von Neubildungen an dem Knoten und dem basalen Stück verwendet worden sind. — Der für uns wichtige Umstand besteht darin, dass das apicale Stengelstück bis zur Knospe abgeworfen wird, und dass die Knospe mit dem Basalstück die neue Lebenseinheit bildet.

Aehnliche Erscheinungen gewahrt man in Bezug auf die Blätter dieser Pflanze. Hängt man einen mit Blättern besetzten Zweig derselben im Glashafen auf, so behält derselbe, wenn man den letzteren hell stellt, in der Regel alle Blätter, oder lässt doch bei grösserer Zahl derselben nur wenige fallen. — Stellt man das Glas dagegen unter sonst gleichen Bedingungen dunkel, so werden bald alle oder doch die meisten der grösseren Blätter abgeworfen; einzelne bleiben manchmal sitzen, geben aber in der Regel bald in Fäulniss über, und werden dann ebenfalls von dem noch völlig gesunden Zweige abgeworfen.[1]) — Diese Thatsachen werfen ein interessantes Licht auf die Oekonomie der Pflanzen.

---

[1]) Vergl. ähnliche Beobachtungen bei *H. v. Mohl.* Ueber den Ablösungsprocess saftiger Pflanzenorgane. Botanische Zeitung. 18. Jahrg. Leipzig, 1860. S. 273.

Im Licht sind die Blätter dem Organismus von Nutzen; sie assimiliren und bleiben am Zweige haften. Im Finstern erfüllen sie, soweit sichtbar ist, keinen Zweck, sondern sind vielleicht sogar schädlich, und jetzt werden sie abgeworfen. — Mit dieser scheinbaren Erklärung würde sich ein Anhänger der älteren Teleologie zufrieden geben; der Zweig handelt so, weil es ihm nützlich ist. Allein der Naturforscher unserer Tage, der überall auf die Erkenntniss des Causal-Zusammenhanges ausgeht, wird die Frage anders stellen. Für ihn wird es sich darum handeln, festzustellen, welcher Art der Effect ist, den das Licht auf den Complex von Stengel, Blattstiel und Blattfläche ausübt, wie es kommt, dass dieser Zusammenhang an der Grenze zwischen Stengel und Blattstiel aufgehoben wird, wenn man den Einfluss des Lichtes ausschliesst. — Auf diese Frage gestattet, soweit ich sehe, unsre heutige Kenntniss des Lichteinflusses auf die Zellmechanik nicht, eine Antwort zu ertheilen.

Fast noch merkwürdiger, als die eben angeführten Thatsachen, ist der Umstand, dass, wenn man Zweigstücke aufhängt, denen die Blattflächen genommen, die Blattstiele aber gelassen sind, die letzteren auch im Licht abgeworfen werden. — Für den Teleologen ist auch hier wieder die Sache sehr einfach: der Blattstiel wird abgeworfen, weil er keinen Nutzen hat. Was dabei aus dem Zellcomplex wird, der den Blattstiel darstellt, und der abgeworfen wird, ist völlig Nebensache; sein Schicksal kümmert den Stengel, den Mächtigeren, nicht. — Anders liegt die Sache wieder für den Naturforscher. Er sieht zunächst aus diesem Experiment, dass der Effect des Lichtes wesentlich auf die Blattfläche gerichtet ist, und dass von ihrem Vorhandensein oder Fehlen das Resultat des erstbeschriebenen Versuches abhängt. Der Blattstiel als solcher allein wird unter allen Umständen abgeworfen.

Aehnliche Versuche, wie die zuletzt beschriebenen lassen sich mit Begonia-Zweigen ausführen; zumal die von B. discolor eignen sich besonders dazu. Hängt man im Glashafen solche Stücke auf, welche über dem letzten Knoten noch ein apicales Internodialstück enthalten, so wird das letztere sehr bald glatt über dem Knoten abgeworfen. Lässt man einen Blattstiel stehen, so verfällt auch er nach einiger Zeit demselben Schicksal. — Um nun zu sehen, welcher von beiden Theilen zuerst abgeworfen

wird, liess ich an den Stücken sowohl das apicale Internodialstück, als ein Blattstielstück am obersten Knoten stehen. Es fand sich, dass in der Regel zuerst das Blattstiel-, und dann das apicale Internodialstück abfiel. Doch fand ausnahmsweise auch das umgekehrte Verhalten statt. Alle diese Versuche wurden unter Lichtausschluss angestellt.

Hierher gehört ferner die oben erwähnte merkwürdige Erscheinung, dass an verkehrt eingesetzten Zweigen von Impatiens grandifolia das in und über der Erde bis zum nächsten Knoten reichende Stück in Zersetzung übergeht, während der letztere und das über ihm stehende Stück gesund bleiben, sich abtrennen und zu Boden fallen. Es ist hierfür gleich, ob sich ein Knoten in der Erde befindet, oder nicht. An aufrecht stehenden Stücken dagegen wird nur dann etwas abgeworfen, wenn über dem höchsten Knoten noch ein knospenloses Internodialstück vorhanden ist.

In anderer Weise kehren ähnliche Erscheinungen, wie die vorhin angeführten, bei holzigen Pflanzen wieder. An ihnen wird das über dem letzten Knoten oder Auge befindliche Apicalstück aus naheliegenden Gründen nicht abgeworfen, sondern es vertrocknet. Während in manchen Fällen die Linie, welche das gesunde vom todten Gewebe scheidet, am vertical gerichteten Zweig fast oder ganz horizontal ist, dicht über dem lebenden Auge beginnt, und sich von da aus rings um den Zweig fortsetzt, verläuft sie in anderen Fällen auf der dem Auge entgegengesetzten Seite tief am Zweige hinab. So kommt es nicht selten, dass einer lebendigen Rindenhälfte am Zweige auf weitere Strecke eine leblose parallel läuft. (Taf. II, Fig. 12. Die gebogene, über der Knospe in der Mitte des Zweigstückes befindliche Linie deutet die Grenze zwischen dem unteren gesunden und dem oberen abgestorbenen Theile an.) Auf diesem Umstande beruht die Praxis der Baumzüchter, den Schnitt durch einen Zweig stets so zu führen, dass derselbe auf der einem Auge entgegengesetzten Seite etwas unter der Höhe desselben beginnt, und dann schrägaufwärts so verläuft, dass er gerade über dem Auge endigt. Es entsteht dann ein die ganze Schnittfläche bedeckender Ueberwallungswulst. Lässt man dagegen längere Internodialstücke über den Knospen stehen, so vertrocknen diese; und nicht selten setzen sich die Zersetzungsvorgänge auch auf die gesunden Theile fort.

Geht der Zersetzungsprocess an isolirten Zweigstücken noch weiter vor sich, so gewahrt man nicht selten die Erscheinung, dass einzelne Knospen mit einem kleinen Stück Rinde, auf dem sie sitzen, sich wie gesunde Inseln von dem ringsum schon völlig todten Gewebe abheben. Derartige Erscheinungen habe ich verschiedentlich beobachtet, so an Weidenzweigen, und besonders schön an isolirten Internodialstücken von Begonia discolor. Nachdem die letzteren die früher erwähnten Adventiv-Knospen erzeugt hatten, verblieben sie noch längere Zeit im Glashafen, gingen aber endlich in Fäulniss über. Diese setzte sich aber nicht auf die jungen Sprosse fort, sondern die letzteren hielten sich auch dann noch gesund, als der ganze mütterliche Träger schon lange Zeit in Zersetzung übergegangen war. Gewöhnlich lösten sich die jungen Triebe später gesund ab, und fielen auf den Boden des Glases.[1])

Unter die Erscheinungen der Abgrenzungen und Trennungen einzelner Theile von einander gehört eine grosse Reihe von Vorkommnissen, von denen nur einige hier angedeutet werden sollen. So vor allen die Erscheinung, dass alljährlich an perennirenden Pflanzen bestimmte Stengeltheile zu Grunde gehen, und entweder vollständig abgeworfen, oder durch eine Korkschicht von dem gesunden Gewebe getrennt werden. So z. B. die schwachen Laubtriebe von Taxodium distichum, welche ganz abfallen; oder die Blüthenzweige der Convallaria-Arten, welche in die zweite Classe gehören. — Hierher gehört ferner das Abfallen von Blüthenständen, Zweigspitzen u. s. w., das von *Mohl*[2]) so interessant beschrieben worden ist. Ferner die in unsern Climaten alljährlich wiederkehrende Erscheinung des Blätterfalls unserer Laubbäume. — In allen diesen Fällen sind es Theile einer complicirten Lebenseinheit, welche von dieser abgestossen werden, und die nun zu Grunde gehen. Da wo diese Erscheinung alljährlich wiederkehrt, und erblich geworden ist, sind es bestimmte Zellzonen, in denen

---

[1]) Die Anführung einer Reihe anderer hierher gehöriger Erscheinungen gestattet der hier zur Verfügung stehende Raum nicht. — Bezüglich einiger derselben sei verwiesen auf *Hofmeister*. Allgemeine Morphologie. Leipzig, 1868. S. 551.

[2]) *H. v. Mohl*. l. c. und: Ueber die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Botanische Zeitung, 1860. S. 1.

die Trennung vor sich geht, und die speciell zu diesem Zweck angelegt werden; so bei den Blättern unserer Laubhölzer. Wo dagegen die Trennung der Theile durch künstliche Eingriffe hervorgerufen wird, wie an den oben genannten Internodien, ist es zwar auch eine bestimmte Zone, in der die Ablösung der Zellen von einander stattfindet, allein diese Zone trägt vorher keine bestimmte anatomische Kennzeichnung. — Der Vorgang der Trennung selbst ist übrigens in beiden Fällen im Wesentlichen derselbe. An den Begonia-Zweigen wölben sich in der Trennungsfläche die Zellen beiderseits kugelig vor; die verbindenden Lamellen der Wände trennen sich, und mit ihnen die ganzen Stücke. Die Abrundung der Zellen findet sowohl in der Cambialregion, wie in dem parenchymatischen Gewebe des Markes und der Rinde statt; nur die verholzten Theile des Gefässbündels werden zerrissen. Der ganze Vorgang ist übrigens von *Mohl* für verwandte Fälle so vorzüglich beschrieben, dass seinen Angaben nichts mehr hinzugefügt zu werden braucht.

Theilbarkeit niederer Thiere.

Es ist im Vorstehenden soviel von der Theilbarkeit im Pflanzenreich gesprochen worden, dass es nicht überflüssig erscheinen mag, hier auf einige Erscheinungen hinzuweisen, die, z. Th. schon vor langer Zeit, an einer Anzahl niederer Thiere beobachtet sind; und die eine, wenn auch nur bedingte, Analogie zu unserem Gegenstande darbieten. Selbstverständlich kann es sich nicht darum handeln, hier alle bekannten einschlagenden Fälle aufzuzählen; wir greifen vielmehr nur einige der typischen und besonders lehrreichen heraus.

Seit den ausgezeichneten Untersuchungen *Trembley's* [1]) ist die wunderbare Plasticität und Ergänzungsfähigkeit der Polypen bekannt. — Theilt man ein solches Thier der Quere nach in zwei Hälften, so producirt das vordere Ende ein neues Hintertheil, das hintere Ende ein neues Vordertheil mit allen Organen. Man kann die Theilung noch weiter treiben, und den Polypen durch Transversalschnitte in drei und selbst vier Stücke zerlegen, die sich sämmtlich zu vollständigen Organismen ergänzen. — Leider

[1]) *A. Trembley.* Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes d'eau douce. Leide, 1774. S. 229 ff. IV. Mém.

hat weder *Trembley* noch irgend ein anderer der späteren Untersucher darauf geachtet, wie sich hierbei die mittleren Stücke in Bezug auf ihr Vorder- und Hinterende verhalten. Doch ist nicht daran zu zweifeln, dass dieselben so organisirt sind, dass an jenem nur das neue Kopf-, an diesem das Schwanzstück erzeugt wird.

Ebenso wie durch Transversal-Schnitte lässt sich der Polyp der Länge nach theilen.[1]) Zerschneidet man eine Hydra der Länge nach in zwei Hälften, so nähern sich die beiden Schnittflächen jeder Hälfte nach kurzer Zeit und verwachsen mit einander. Es geschieht dies schon nach etwa einer Stunde. Jeder Theil-Polyp nimmt rasch an Grösse zu, ergänzt die an der Vollzahl fehlenden Arme, und gleicht dann in allen Stücken einem ungetheilten Polypen. — Dieselbe Reproduction findet statt, wenn das Thier in 4 Längsstücke zerschnitten wird. — Theilt man den Polypen nur partiell der Länge nach an seinem Vorderende, so dass das Hinterende intact bleibt, so ergänzt sich jede Hälfte zu einem selbstständigen Kopfende; und durch fortgesetzte derartige Theilung erhielt unser Experimentator endlich eine Hydra mit 7 Kopfenden, die an einem ungetheilten Hinterende sassen.[2]) — Das analoge Experiment lässt sich mit ähnlichem Erfolg auch mit dem Hinterende anstellen.

Ueberraschend ist noch der folgende Versuch. *Trembley* theilte den Polypen einseitig der Länge nach, breitete ihn auf seiner Hand aus, und zerschnitt ihn in eine Anzahl von Stücken, die aber durch kleine Brücken mit einander in Verbindung blieben. In das Wasser zurückgebracht, gingen die so behandelten Polypen manchmal zu Grunde; in anderen Fällen dagegen blieben sie lebendig, und es entwickelten sich jetzt an den Schnittenden bald Kopf-, bald Hinterenden, die nun einen Complex bildeten. Auch bei diesem interessanten Experiment ist nicht angegeben, welche Schnittstellen zu Kopf- und Schwanzenden wurden. — Endlich wurden noch solche geöffnete und ausgebreitete Hydren in völlig getrennte Stücke zerlegt, und auch an diesen Stücken wurden häufig Reproductionen zu ganzen Organismen wahrgenommen. — Ist auch hierbei wieder nicht speciell auf den Gegensatz zwischen

---

[1]) l. c. S. 239 ff.
[2]) l. c. S. 246.

Vorder- und Hinterende an den einzelnen Stücken geachtet worden, so lässt sich doch aus der Gesammtdarstellung *Trembley's* schliessen, dass in jedem derselben der organische Gegensatz ebenso vorhanden ist, wie in dem ganzen Organismus. — Uebrigens bedürfen die hochinteressanten Versuche *Trembley's* einer Wiederholung und Weiterführung auf Grund neuerer Gesichtspunkte.

Künstliche Quertheilungen sind ferner vorgenommen an verschiedenen Würmern. *Bonnet, Reaumur, Rösel* und *Müller* machten derartige Versuche mit verschiedenen Nais-Arten. — *Bonnet*[1]) beschreibt eine grosse Reihe derartiger Experimente. Er zerschnitt Individuen dieser Thiere in 2, 4 und selbst in 16 Stücke, und sah diese sich zu vollständigen Thieren ergänzen, indem sie an den Schnittflächen Kopf- und Schwanzende erzeugten. Hierbei will *Bonnet* sehr auffallende Beobachtungen gemacht haben. Im einen Falle soll eine hintere Hälfte statt des fehlenden Kopfes an der vorderen Schnittfläche einen zweiten Schwanz erzeugt haben; und in einem anderen Falle wurde selbst an einem Stücke, das der Mitte eines Wurmes entnommen war, an jeder Schnittfläche ein neues Schwanzende gebildet.[2]) — Ob diesen Angaben ein Irrthum zu Grunde liegt, oder ob derartige Vorkommnisse wirklich stattfinden, bleibt dahin gestellt. — Endlich berichtet *Bonnet* noch über die eigenthümliche Erscheinung, dass ein Wurm, dem der Kopf genommen war, ausser dem den letzteren ergänzenden noch eine zweite kopfartige Excrescenz neben jenem hervorwachsen liess.[3]) Ebenso wird eines ähnlichen accessorischen Schwanzauswuchses erwähnt.

Die *Bonnet*'schen Versuche wurden, und zwar unter Berücksichtigung der natürlichen Vermehrungsart jener Würmer, wiederholt von *O. F. Müller.*[4]) Sowohl er, wie andere Beobachter, *Rösel, Reaumur, Spallanzani*, bestätigen im Allgemeinen die Richtigkeit der Angaben *Bonnet's.*

Dass das Experiment auch mit Lumbricinen gelinge, ist schon von den genannten Beobachtern behauptet, aber später oftmals

---

[1]) *Bonnet.* Observations sur quelques espèces de Vers d'eau douce — Oeuvres, Neuchatel, 1779, tome I, 167 ff.

[2]) l. c. S. 283, 287 ff. Planche II. Fig. 4 u. 8.

[3]) l. c. S. 259 ff. Pl. I. Fig. 15 u. 16.

[4]) *O. F. Müller.* Von Würmern des süssen und salzigen Wassers. Kopenhagen, 1771. S. 50 ff.

bezweifelt worden. Allein *Dugès*[1]) und später *Quatrefages*[2]) zeigten, dass auch bei diesen Würmern die künstliche Theilung unter gewissen Bedingungen möglich ist. — Endlich wurde in neuerer Zeit dargethan[3]), dass eine derartige Theilung auch bei den polychaeten Anneliden des Meeres stattfinden kann.

Aus den aufgezählten Angaben erhellt die grosse Theilungsfähigkeit einer Anzahl Thiere, die z. Th. auf Grund ihres complicirten Baues schon eine verhältnissmässig hohe Stellung im natürlichen System einnehmen. — Von wesentlichem Interesse für uns ist hierbei nur die Theilbarkeit als solche, weniger die Art derselben. Das Kopf- und das Schwanzende eines Wurmes lassen sich nur insofern mit der Spitze und der Basis eines Pflanzentheiles vergleichen, als es sich in beiden Fällen um den Gegensatz zweier Enden handelt; jede andere Analogie ist zunächst zurückzuweisen. Die Kräfte, welche in beiden Fällen in's Spiel kommen, sind jedenfalls gänzlich verschieden. — Weiter ist zu beachten, dass bei den an Würmern durch künstliche Theilung hervorgerufenen Reproductionen die neuen Theile — mit Ausnahme anomaler Sprossungen — direct in die Verlängerung der Hauptaxe fallen, und die ganze Schnittfläche zur Basis haben, während bei Pflanzen auf Entfernung der Spitze gewöhnlich seitliche Bildungen hervorsprossen. Eine directe vollständige Ergänzung findet bei den letzteren bekanntlich nur statt, wenn Wurzelvegetationspunkte auf kurze Strecken entfernt werden; fallen sonst, wie in den oben aufgeführten Fällen, die Neubildungen in die Verlängerung der Hauptaxe, so stellen sie meist nur örtliche Bildungen auf der Schnittfläche dar. — Auch lassen sich Würmer in Folge ihres Baues wahrscheinlich nicht der Länge nach theilen.

Von hervorragendem Interesse für uns sind die Erscheinungen, welche an den Polypen beobachtet wurden. Sowohl die natürliche Vermehrung derselben durch Sprossung, als auch die künst-

---

[1]) *Dugès.* Recherches sur la Circulation, la Respiration et la Reproduction des Annélides abranches. — Annales des sciences naturelles. Tome XI. Paris, 1828. pag. 316.

[2]) *Quatrefages.* Histoire naturelle des Annelés. T. I. 1865. p. 126. Note 3.

[3]) *Ehlers, E.* Die Neubildung des Kopfes und des vorderen Körpertheiles bei polychaeten Anneliden. Erlangen, Programm. Erl. 1869.

liche Theilbarkeit der Quere wie der Länge nach geben diesen Organismen einen überraschend pflanzenähnlichen Charakter. Für sie gilt unzweifelhaft, dass in jedem beliebigen selbst sehr kleinen Zellencomplex die Elemente zum Aufbau der Totalität ruhen.

Zur Zellentheorie.

Die physiologische Individualität.

Aus den oben mitgetheilten Untersuchungen fliesst eine Reihe von Folgerungen, die für die allgemeine Zellentheorie von einiger Bedeutung sein dürften, und deren Entwickelung unsere nächste Aufgabe sein soll.

Das Hauptproblem, welches unserer Arbeit zu Grunde lag, lautete: durch welche Kräfte wird die Anlage der wichtigsten Organe, der Wurzeln und Knospen, an gegebenen Pflanzentheilen beherrscht? Die Resultate, welche sich bei der Beantwortung dieser Frage ergeben haben, sollen nun in dem eben angedeuteten Sinne verwerthet werden.

Man erinnere sich der einfachsten Fälle, welche vorgeführt wurden: eines Internodialstückes von Heterocentron diversifolium (vergl. die Abbildung auf Seite 73), eines Wurzelstückes der Pappel (S. 86 u. 87) und eines Blattstückes von Begonia Rex (S. 99). Dieselben führen keinerlei differenzirte Anlagen, sind aber sämmtlich der Erzeugung von Neubildungen fähig. Sie bestehen aus einem Complex verschiedener Formen von Dauergewebe und einer Summe von Cambialzellen[1]), deren relative Lagerung von der Wachsthumsweise jener Gebilde abhängig ist. Die Neubildungen gehen in den meisten Fällen aus Cambialgewebe hervor; in anderen dagegen bilden sie sich direct aus Dauergewebe. Das letztere geschieht z. B. mit den Adventiv-Knospen an den Internodialstücken von Begonia discolor, an welchen Gruppen von fertigen Epidermis- und äusseren Rindenzellen in Theilungsgewebe übergehen und zu Sprossanlagen werden. — Dies in Erwägung gezogen, nimmt unsere obige Frage folgende Gestalt an: Geht die Entwickelung der Neubildungen in dem Gewebe jener

[1]) Hiermit mögen nicht nur die wirklichen Cambiumzellen, sondern auch die in ihrer Nähe gelegenen Elemente, aus denen möglicher Weise die Adventiv-Bildungen hervorgehen, bezeichnet sein.

Pflanzentheile regellos oder nur an besonderen Orten vor sich; und, wenn das letztere der Fall ist, durch welche Kräfte werden diese Orte bestimmt? — Die Untersuchung hat nun ergeben, dass hier in erster Linie eine erbliche Kraft thätig ist, welche die Maxima ihrer Wirkung an den beiden morphologischen Enden der Lebenseinheit oder nur an einem derselben erreicht, und die man demnach als eine Function des morphologischen Ortes an der Einheit bezeichnen kann. Nun hängt aber die Begrenzung der letzteren ganz von unserer Willkür ab; wir können durch einen Schnitt jeden beliebigen Ort an einem Pflanzentheil sowohl zur Spitze, als zur Basis einer neuen Lebenseinheit machen. Dieselbe Gruppe von Cambial- oder Dauerzellen wird demnach je nach dem Ort, den wir ihr an einer Lebenseinheit ertheilen, zur Grundlage eines Sprosses oder einer Wurzel werden. Aus diesen Ueberlegungen folgt, wenn man das Wort „Function" in dessen allgemeinster Bedeutung nimmt:

Keine lebendige und wachsthumsfähige vegetative Zelle am Pflanzenkörper besitzt eine specifische und unveränderliche Function.

Die jeweilig zu verrichtende Function einer Zelle wird in erster Linie durch den morphologischen Ort bestimmt, den sie an der Lebenseinheit einnimmt.

Diese Sätze folgen aus dem einfachsten Falle, dass an den Stücken keine schon differenzirte Anlagen vorhanden sind, dass Wurzeln und Sprosse vollständig neu gebildet werden müssen. Sie gelten für den Zweig, die Wurzel und das Blatt, nur dass die Orte an ihnen eine nach der verschiedenen Wachsthumsweise dieser Gebilde bezüglich der Neubildungen verschiedene Bedeutung haben. — Sind dagegen an den Objecten schon differenzirte Anlagen vorhanden, so ergeben sich für diese aus unsern Untersuchungen folgende Sätze:

Unter einer Schaar gleichstarker Anlagen von gleicher morphologischer Dignität wird die Energie der Entwickelung der einzelnen Anlage in erster Linie durch ihren morphologischen Ort an der Lebenseinheit bestimmt.

Unter einer Schaar gleichnamiger, aber ungleich starker Anlagen hängt die Energie der Ent-

UNIV

wickelung jeder einzelnen derselben vorwiegend ab von dem Ort an der Lebenseinheit und der Entwickelungshöhe, welche die Anlage schon besitzt.

Zur Erläuterung mögen die früher geschilderten Verhältnisse an einjährigen Zweigen mancher Weidenarten dienen, das Auswachsen der Wurzeln von der Basis, das der Knospen von der Spitze aus. — Geht gleichzeitig an einem Object die Entwickelung vorhandener Anlagen und eine völlige Neubildung gleichnamiger Gebilde vor sich, so treten diese Neubildungen zu jenen Anlagen in das Verhältniss von Anlagen auf der untersten Entwickelungsstufe. Es sei hierzu an das Verhalten gewisser Heterocentron-Zweige erinnert.

Um das eben Gesagte zu vervollständigen, wollen wir nun unserer Untersuchung etwas vorgreifen, und hier schon einige Thatsachen aus dem zweiten Theile der Arbeit anführen. Die allgemeinen Gesetze, welche die experimentelle Untersuchung für den isolirten Pflanzentheil ergeben hat, gelten auch für die ganze Pflanze, nur mit dem Unterschiede, dass im Allgemeinen bestimmte Anlagen immer nur an den ihnen entsprechenden gleichnamigen Theilen zur Ausbildung gelangen. — Als erstes und wichtigstes tritt uns hier das Verhältniss von Laub- und Blüthensprossen am Baume entgegen. Im einfachsten Falle gestaltet sich dasselbe derart, dass an einem kräftigen, senkrecht gewachsenen Laubzweige mit ganz oder annähernd gleichmässig entwickelten Knospen die höchstgelegene derselben sich wieder zum kräftigsten Laubzweige entwickelt, dass ihr die sich zunächst anschliessenden mit abnehmender Stärke im Auswachsen folgen, bis die tiefer stehenden endlich in Blüthen- und unter Umständen in Dornbildung übergehen. Es können diese Ausbildungsvorgänge in einer oder in mehreren Vegetations-Perioden vor sich gehen. Durch Krümmen der Zweige, durch Schneiden, durch vollständige und partielle Ringelung lässt sich nun zeigen, dass die Knospen auch hier anfänglich gänzlich indifferent sind, und dass die Art ihrer Entwickelung zunächst von dem Ort abhängt, den sie an dem entsprechenden Theile der Lebenseinheit einnehmen. Es mag dieser Thatsache folgender Ausdruck verliehen werden:

Unter einer Schaar gleichwerthiger Knospen am Zweige eines Baumes wird die Art der Ent-

wickelung der einzelnen, ob zu einem stärkeren oder schwächeren Laub- oder zu einem Blüthenspross, in erster Linie bestimmt durch den Ort, welchen dieselbe an dem zugehörigen Theile der Lebenseinheit einnimmt.

Bezüglich alles Weiteren sei auf den zweiten Theil dieser Arbeit und meinen schon citirten Aufsatz verwiesen.

Unsere Untersuchung hat ferner ergeben, dass neben den morphologischen auch äussere Kräfte sowohl auf die Bestimmung des Ortes wirklicher Neubildungen, als auf die Entwickelung vorhandener schon differenzirter Anlagen einwirken. Soweit unsere Kenntniss bis jetzt reicht, sind es besonders zwei Kräfte, welche hier in Frage kommen, die Schwere und das Licht. Der Einfluss derselben ist bald ein hemmender, bald ein fördernder; und zwar äussert er sich in dieser entgegengesetzten Art sowohl gegenüber der Anlegung der beiden hauptsächlichsten Bildungen, welche wir betrachtet haben, der Wurzel und des Sprosses, als der Ausbildung schon vorhandener differenzirter Anlagen derselben. Der fragliche Einfluss der Schwerkraft auf vorhandene Anlagen der beiderlei Art ist oben nachgewiesen worden, der des Lichtes konnte zunächst nur für Wurzelanlagen constatirt werden. Bezüglich der Bestimmung des Ortes wirklicher Neubildungen durch die beiden Kräfte gilt das Gesagte zunächst nur für die Wurzeln. — Es sei hierzu an die Bildung der Wurzeln auf der Schattenseite der Lepismium-Zweige, an die Entwickelung der Wurzelanlagen an den verdunkelten Partieen der Weidenzweige, an die Anlegung und das Auswachsen von Wurzeln und Knospen an den Weiden- und Heterocentron-Zweigen erinnert. Sonach folgt:

Die allgemeine Function der lebendigen und wachsthumsfähigen Zelle des Pflanzenkörpers wird in zweiter Linie bestimmt durch die Wirkung äusserer Kräfte, besonders der Schwere und des Lichtes.

Auf schon differenzirte Anlagen der beiden hauptsächlichsten Organe, der Wurzeln und Sprosse, wirken diese Kräfte in entgegengesetztem Sinne, in ihre Entwickelung fördernder oder hemmender Art.

Es greifen sonach die genannten äusseren Kräfte in höchst

bedeutsamer Weise in den Process der Organbildung am Pflanzenkörper ein. Welcher Art nun die Bewegungsvorgänge sind, welche durch sie in den Zellen ausgelöst werden, dies zu erforschen bleibt der Zukunft vorbehalten. Für unseren gegenwärtigen Zweck genügt es, nachgewiesen zu haben, dass jener Einfluss in der That vorhanden ist.

Ueberblicken wir die Gesammtheit der angeführten Erscheinungen, so ergiebt sich, dass der materielle Aufbau einer wachsthums- und theilungsfähigen vegetativen Zelle oder Zellengruppe derart sein muss, dass es nur besonderer Anstösse bedarf, um sie zur Grundlage einer Knospe oder Wurzel zu machen. Diese Anstösse zu dem Modus der Theilung können von der Lebenseinheit ausgehen, aber auch durch äussere Kräfte stattfinden. Stets aber sind es ganz bestimmte Bedingungen, unter welchen die Entwickelung zu dem einen oder anderen Gebilde stattfindet. Eine Willkür herrscht hier ebenso wenig, wie in der unorganischen Natur. — Ist aber einmal eine Differenzirung zu bestimmten Gebilden erfolgt, dann wirken jene Kräfte auf diese Anlagen nach Maassgabe des Einflusses, den ihnen die nunmehr in jeder Beziehung veränderten Zellencomplexe ermöglichen.

Rücksichtlich der mannigfachen Beziehungen, welche die im Vorstehenden besprochenen Erscheinungen zum Geotropismus und Heliotropismus wachsender Pflanzentheile darbieten, sei auf den zweiten Theil der Arbeit verwiesen.

Als Lebenseinheit oder physiologisches Individuum[1]) habe ich oben jedes pflanzliche Gebilde bezeichnet,

[1]) Die Forderung nach einer Trennung der morphologischen und physiologischen Individualität ist zuerst von *Nägeli* ausgesprochen worden. (Die Individualität in der Natur mit vorzüglicher Berücksichtigung des Pflanzenreichs. Zürich, 1856. S. 185 Anm.) Für die Ausbildung der morphologischen Auffassung der Individualität hat dieser Forscher selbst das Meiste geleistet. Vergl. die genannte Schrift und: Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreich. Freiburg, 1853. — Ein Versuch zur Durchführung der fraglichen Sonderung wurde dann von *Haeckel* gemacht. (Generelle Morphologie. Berlin, 1866. I. S. 241 ff.) Doch werden die beiden Standpunkte hier keineswegs streng auseinander gehalten. — Ein Versuch zur experimentellen Behandlung der physiologischen Individualität ist aber, soweit mir bekannt, bisher nicht gemacht worden.

welches im Stande ist, die zu seiner Erhaltung nothwendigen Organe zu erzeugen, oder welches sie schon besitzt. Dieser Gegenstand bedarf aber noch einer genaueren Besprechung. Es ist hier nämlich streng zu unterscheiden zwischen dem Wirklichen und Möglichen, dem Actuellen und Potentiellen, zwischen der Disposition zu einer Entwickelung, und der letzteren selbst unter veränderten Bedingungen. — Der Zweig am Baum hat die Fähigkeit, zum Individuum zu werden, ist es aber noch nicht. Er wird es erst, wenn er vom Baume getrennt wird, und nun seine eignen Wurzeln bildet. — Wie die Geschichte der Individualität lehrt, beruht auf der Vermengung des Potentiellen mit dem Actuellen ein wesentlicher Theil des fruchtlosen Streites über das pflanzliche Individuum.

Schliesst man die angedeutete Verwechselung aus, so dürfte die oben gegebene Definition der Lebenseinheit dem physiologischen Bedürfniss genügen. In den Rahmen unseres Begriffes passt Alles: der einzellige Organismus, der locker und fester verbundene Zellencomplex, und endlich der höher gebaute Organismus mit seiner mannigfachen Gliederung, und seinen zum Zweck der Arbeitstheilung verschieden gebauten Elementen. Er umfasst nicht minder die freilebende Einzelzelle, den Zellenfaden, die Zellenfläche, das isolirte Blatt, die isolirte Wurzel, den vom Stamm getrennten Zweig, als endlich den mehr oder minder zusammengesetzten Pflanzenstock.

Wie sich aus den vorstehenden Untersuchungen ergeben hat, wird die allgemeine Function der Elementartheile der zusammengesetzten höheren Individualität, abgesehen von äusseren Kräften, von ihrem Ort an der Totalität, d. h. von der Gesammtheit aller Elemente, bestimmt. Hierin beruht das Wesen der Einheit.

Dass mit der eben gegebenen Fassung die immer wieder aufgeworfene Frage nach der pflanzlichen Individualität nicht gelöst ist, dessen sind wir uns wohl bewusst. Allein sie sollte auch damit nicht gelöst werden. Im Gegentheil bin ich mit *Lotze, Sachs* und Anderen der Ansicht, dass eine definitive und allseitig befriedigende Lösung des Problems gar nicht möglich ist. Es mag vom morphologischen Standpunkte aus nothwendig sein, gewisse Form- oder Wachsthumseinheiten als Individuen hinzustellen, und den complicirten Organismus in solche zu zerlegen; allein damit wird man nie den Physiologen zufrieden stellen,

Und umgekehrt wird die Fassung des letzteren nie dem Morphologen genügen. — Die oben gegebene Bestimmung entsprang einem Bedürfniss, das sich aus der Untersuchung ergab, und sollte zunächst dieses befriedigen. Dass sie auch für den complicirten Pflanzenstock volle Geltung hat, werde ich im zweiten Theile näher zeigen.

Wiederholt hat sich im Laufe unserer Untersuchung die Frage aufgedrängt: wie weit ist der Pflanzenkörper theilbar? Das Experiment hat ergeben, dass, wenn die Theilstücke einen gewissen Grad von Kleinheit abwärts überschreiten, sie zu Grunde gehen. Ist uns nun mit diesem Misslingen des Experimentes überhaupt Halt geboten, oder lassen sich die entgegentretenden Schwierigkeiten auf anderem Wege umgehen? Unwillkürlich wird die Frage nahegelegt: was würde geschehen, wenn man die Theilung bis zu einer Zelle fortsetzen könnte? Giebt es, da dieses Experiment selbst nicht ausführbar ist, Gründe, welche die Annahme gestatten, dass die Einzelzelle wenigstens potentiell die Fähigkeit besitzt, sich zur Totalität zu ergänzen?

Diese Frage ist wiederholt aufgeworfen, und im bejahenden Sinne beantwortet worden. Auf Grund eines sehr mangelhaften Beweismaterials geschah dies zuerst durch *Turpin*[1]), nicht lange darauf mit besserer Begründung durch *Schwann*[2]); in neuerer Zeit sind, soweit es das sachliche Verhältniss betrifft, zu derselben Vorstellung *Hanstein*[3]) und *N. J. C. Müller*[4]) gelangt.

Mit der genannten Auffassung steht im Zusammenhang die heute sehr verbreitete Vorstellung von der Individualität der Zelle. Mehr oder minder ausgesprochen schwebt den meisten Untersuchungen auf dem fraglichen Gebiet der Gedanke vor, dass das gesammte Verhalten einer Zelle am Organismus, ihr Wachsthum, die Art

---

[1]) *Turpin.* Organographie végétale. Mémoires du Muséum d'histoire natur. T. XVI. Paris, 1828. p. 157. Ferner: Aperçu organographique sur le nombre Deux. ibid., p. 295.

[2]) *Th. Schwann.* Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839. S. 227 ff.

[3]) *Hanstein.* Die Entwicklung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen. Bonn, 1870. S. 89.

[4]) *N. J. C. Müller.* Botanische Untersuchungen. Heidelberg, 1875. IV. S. 85 ff.

ihrer Theilung u. s. w., durch die Zelle selbst bestimmt werde, in ihr allein seine Ursache habe; vorausgesetzt, dass die Nahrungszufuhr eine ungestörte sei. Geht man von dieser Vorstellung aus, dann ist klar, dass, wenn an irgend einem Orte am Pflanzenkörper ein Adventivspross oder eine -Wurzel entsteht, die Ursachen zu dieser Neubildung lediglich in der Mutterzelle oder -Zellgruppe ruhen. Diese besass dann also die Fähigkeit, sich zur Totalität zu ergänzen.

Nun haben wir aber oben gezeigt, dass am complexen Zellenkörper nicht die einzelne Zelle ihre Function bestimmt, sondern dass diese, abgesehen von äusseren Kräften, von ihrem Ort an der Lebenseinheit abhängt, dass die Totalität aller lebendigen Zellen [1]) der Einheit für die Function des Einzelelements maassgebend sind. Nachdem diese Thatsache nachgewiesen ist, bedarf die vorhin aufgeworfene Frage einer neuen Behandlung.

In der That war sich schon *Schwann* der Schwierigkeiten des Problems vollkommen klar bewusst. Am Schluss seiner bekannten klassischen Untersuchungen behandelt er dasselbe in folgender Art. „Man kann sich also folgende zwei Vorstellungen von der Ursache der organischen Erscheinungen, des Wachsthums u. s. w. machen: Erstens die Ursache liegt in der Totalität des Organismus. Durch die Zusammenfügung der Molecüle zu einem systematischen Ganzen, wie der Organismus auf jeder Entwickelungsstufe ist, wird eine Kraft erzeugt, vermöge welcher ein solcher Organismus im Stande ist, neue Stoffe von aussen aufzunehmen, und zur Bildung neuer oder zum Wachsthum seiner vorhandenen Elementartheile zu verwenden. Die Ursache des Wachsthums der Elementartheile liegt also hier in der Totalität des Organismus. Die andere Erklärungsweise ist die: Das Wachsthum geschieht nicht durch eine, im ganzen Organismus begründete Kraft, sondern jeder einzelne Elementartheil besitzt eine selbstständige Kraft, ein selbstständiges Leben, wenn man es so nennen will, d. h. in jedem einzelnen Elementartheile sind die

[1]) Ich sage, die Totalität aller lebendigen Zellen, will aber damit nicht entscheiden, ob alle Zellen der Einheit gleich wichtig sind. Aus unsern Versuchen geht hervor, dass erst auf Durchschneidung der Cambialzellen die Bildung von Einheiten erfolgt; diese Elemente scheinen demnach die entscheidenden zu sein. Doch ist damit nicht erwiesen, dass die übrigen Elemente des Complexes nicht in wenn auch schwächerer, doch ähnlicher Weise thätig sind.

Molecüle so zusammengefügt, dass dadurch eine Kraft frei wird, wodurch er im Stande ist neue Molecüle anzuziehn und so zu wachsen, und der ganze Organismus besteht nur durch die Wechselwirkung der einzelnen Elementartheile (das Wort Wechselwirkung im weitesten Sinne genommen, so dass auch das darunter begriffen wäre, wenn der eine Elementartheil den Stoff bereitet, den der andere zu seiner Ernährung braucht). Hier sind also nur die einzelnen Elementartheile das Active bei der Ernährung, und die Totalität des Organismus kann zwar Bedingung sein, aber Ursache ist sie nach dieser Ansicht nicht."

Schwann entscheidet sich nun für die letztere der beiden Vorstellungen, und zwar hauptsächlich auf Grund der Thatsache, dass bei einigen niederen Organismen, besonders Pflanzen, einzelne Zellen, welche von ihrem mütterlichen Organismus losgelöst sind, weiter wachsen und sich zu einer vollständigen Pflanze entwickeln können. In diesen Fällen ist der Nachweis des selbstständigen Lebens der Einzelzelle unmittelbar geliefert. Da nun alle Zellen im Wesentlichen gleichen Bau und gleiche Entstehungsweise haben, so ist ihnen allen auch eine ähnliche individuelle Selbstständigkeit zuzusprechen. — Auf diesem Wege gelangt man zu der Auffassung des Organismus als eines Zellenstaates, in welchem sich die einzelnen Elemente zu einander etwa wie die Bienen in einem Schwarme verhalten.

Dieser Gedankengang *Schwann's* bedarf aber einer näheren Betrachtung. Will man unter der vom Organismus zwar erzeugten, aber seine einzelnen Theile beherrschenden Kraft ein Etwas verstehen, das gleichsam, wie die alte Lebenskraft, über dem Ganzen schwebt[1]), so muss man sich entschieden für den zweiten Fall der von unserem Autor aufgestellten Alternative entscheiden. — Soll aber jene Kraft weiter nichts bedeuten, als die

[1]) So habe ich früher *Schwann* auffassen zu müssen geglaubt. (S. m. Aufs. in *Pflüger's* Archiv.) Allein ein wiederholtes Studium des fraglichen Abschnittes in *Schwann's* Werk hat Zweifel an der Richtigkeit dieser Auffassung in mir wachgerufen. Nach der der oben citirten Stelle voraufgehenden Erörterung, in welcher sich der Autor in der Beurtheilung der Lebenserscheinungen streng auf den „physikalischen" Standpunkt stellt, liesse sich auch recht wohl annehmen, dass unter jener einheitlichen Kraft nichts als die resultirende Wirkung aller Zellen der Einheit zu verstehen sei. — Je nach der einen oder andern Auffassung ändert sich aber die Stellung, welche wir zu *Schwann's* Schlussfolgerungen zu nehmen haben.

resultirende Wirkung aller Einzelelemente der Lebenseinheit, dann muss ich mich auf Grund meiner Untersuchungen gegen *Schwann* für den ersten Fall seiner Alternative erklären.

Wie man jene Kraft aber auch auffassen möge, jedenfalls bedarf die Begründung, welche *Schwann* seiner Entscheidung für den zweiten Fall gab, einer kritischen Erörterung. Ist der Umstand, dass eine vom Organismus getrennte Zelle im Stande ist, sich selbst zu erhalten und zur Totalität zu ergänzen, ein Beweis für das selbstständige Leben der Zelle am Organismus? Ich glaube, er ist nur ein Beweis dafür, dass das Leben des Organismus überhaupt an die Zelle gebunden ist, dass die letztere den Träger alles Lebens darstellt, dass das Leben des zusammengesetzten Organismus nichts ist, als das Resultat der Lebensäusserungen aller seiner Einzelelemente; — keineswegs aber dafür, dass die Zelle im isolirten Zustande dieselben Functionen verrichtet, welche sie am Organismus vollzieht. Die Zelle am Organismus ist durchaus verschieden von der vom letzteren getrennten und sich selbst überlassenen. Im ersteren Falle wird ihre allgemeine Function, abgesehen von äusseren Kräften, durch die Totalität bestimmt, und durch sie selbst nur insoweit, als sie je nach der Grösse der ersteren einen mehr oder minder grossen Theil derselben darstellt. Im zweiten Falle ist sie selbstständig, und ihre ganze Function wird nun lediglich durch sie selbst bestimmt. — Nirgends begeht man die Verwechselung des Potentiellen mit dem Actuellen leichter, als hier; und nirgends wird diese Verwechselung verhängnissvoller, als an diesem Orte. — Vom morphologischen Standpunkte aus kann man die Zelle am Organismus getrost als Individuum betrachten; nur muss man sich dabei der Abstraction bewusst bleiben, die man begeht. Physiologisch ist die Zelle nur dann ein Individuum, wenn sie unabhängig vom Complex, wenn sie isolirt ist; von diesem Standpunkte aus ist jede Abstraction ein Fehler.

Das ganze Problem der höheren Individualität beruht darauf, die Ursachen festzustellen, warum morphologisch gleiche Gebilde eines Organismus, die Zellen, eine verschiedenen Zwecken angepasste differente Ausbildung erfahren. Diese Ursachen beruhen der Hauptsache nach in den gegenseitigen Beziehungen, welche zwischen den Elementen einer Einheit bestehen; auf die Aufdeckung dieser Beziehungen muss daher die nächste Arbeit ge-

richtet sein. — Als ersten Anfang dazu lässt sich eine Reihe der im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen verwerthen.[1])

Nach diesen nothwendigen Vorbemerkungen wollen wir unsere oben aufgeworfene Frage wieder aufnehmen. Ist genügender Grund zu der Annahme vorhanden, dass in jeder einzelnen vegetativen lebendigen Zelle am Pflanzenkörper potentiell die Fähigkeit ruht, sich zur Totalität zu ergänzen?

Es ist klar, dass man bei der Beantwortung dieser Frage nicht von der Betrachtung eines beliebigen fertigen Organismus ausgehen kann. Die zufällige Entstehung von Adventiv-Bildungen an ungewohnten Orten, z. B. einer Knospe auf einem Blatt oder an einer Wurzel, braucht nicht locales Product der Mutterzellen der betreffenden Bildungen zu sein, sondern es kann die Bestimmung des Ortes der letzteren auch von der Totalität ausgehen. Genau dasselbe gilt für das Verhalten der Einzelzelle bei jeder

[1]) Zu einer weiteren und umfassenderen Behandlung der Frage wird es jedenfalls nothwendig sein, mit einzelligen Organismen zu beginnen. Es werden die Ursachen aufzusuchen sein, warum bestimmte Protoplasma-Partieen eines grösseren einzelligen Organismus, wie einer Caulerpa, sich zu blattartigen, andere zu wurzelartigen Gebilden entwickeln; und welche tieferen Beziehungen zwischen diesen differenten Theilen bestehen. Hierbei wird die interessante und wichtige Frage zu entscheiden sein, ob man die einzelnen Plasma-Partieen solch' eines Organismus als einzelne Zellen, das Ganze demnach als ein Compositum, zu betrachten hat; oder ob vielleicht umgekehrt die einfachsten Gestalten der zusammengesetzten Lebenseinheit als eine Zelle, d. h. so aufzufassen sind, dass der gesammte protoplasmatische Inhalt aller Zellen sich verhält, wie die einheitliche Masse einer Zelle. — Die letztere Ansicht mag zwar auf den ersten Anblick sehr paradox erscheinen; allein ich erinnere daran, dass schon *Hofmeister* (Pflanzenzelle S. 125 ff.) das Wachsthum eines Vegetationspunktes als einen Protoplasmastrom auffasst, ähnlich denen, welche die Myxomyceten-Plasmodien zeigen. Die Plasmamasse eines Vegetationspunktes bewegt sich wie eine einheitliche; die Form der einzelnen Zelle ist eine Function des allgemeinen Wachsthums, das in der Gesammtmasse des Plasmas seinen Sitz hat. — Meine eigenen Bemühungen bezüglich der angeregten Fragen beziehen sich bis jetzt bloss auf Vaucheria. Doch sind meine Untersuchungen noch nicht soweit gediehen, um sie hier mittheilen zu können. Im Allgemeinen bin ich zu der Ansicht gelangt, dass da, wo ausgesprochene Wachsthumsrichtungen unter den ein- und mehrzelligen niederen Pflanzen vorhanden sind, auch ähnliche innere Verhältnisse herrschen, wie sie oben für die höheren Pflanzen dargelegt sind, nur sind dieselben nicht so ausgeprägt. Dagegen wirken äussere Momente oftmals in ungleich höherem Maasse. — Specielleres hierüber werde ich bei anderer Gelegenheit mittheilen.

Gewebesonderung am ganzen Organismus. — Wir sind daher lediglich auf die künstliche Trennung von Theilen und deren Reproductionsfähigkeit angewiesen, und gerade dieser Punkt ist bisher nicht genügend erörtert worden. Einmal ist die Theilung nicht weit genug geführt worden; ich erinnere nur an die Versuche mit Internodialstücken, und an die unrichtige ältere Angabe, dass Zweige nur dann Wurzeln erzeugen, wenn sie zuvor mit grünen Blättern besetzte Triebe gebildet haben. — Sodann sind die Theilstücke nicht auf die etwa vorhandenen verborgenen Anlagen untersucht worden; es sei dazu an die mit in der Rinde versteckten Wurzelanlagen versehenen älteren Weidenzweige erinnert.

In der vorliegenden Untersuchung ist nun gezeigt worden, dass in jedem auch nur kleinen Bruchstück der Glieder des Pflanzenkörpers die Elemente ruhen, aus denen sich bei Isolirung des ersteren unter geeigneten äusseren Bedingungen der ganze complexe Körper aufbauen kann. Dass in den Stücken der einfachsten Art, wie den schon mehrgenannten Internodial-, Blatt- und Wurzelstücken, keinerlei schon differenzirte Anlagen vorhanden waren, ist zur Genüge gezeigt worden. Weder die sorgfältigste äussere, noch jede an einer beliebigen Stelle vorgenommene mikroskopische Untersuchung hat an ihnen irgend welche versteckte Anlagen erkennen lassen. Wollte man trotz dessen das Vorhandensein von Anlagen annehmen, die dann natürlich so klein sein müssten, dass sie der directen Untersuchung entgehen, so blieben nur folgende Vorstellungen übrig. Entweder es müssten merkwürdiger Weise die Anlagen sich stets in der Nähe der Schnittflächen finden; oder dieselben müssten, wenn sie entfernt von diesen gelegen wären, in Ruhe bleiben, dagegen unter ihrem, gleichviel in welcher Art zu denkenden, Einfluss die Neubildungen an der Spitze oder Basis vor sich gehen lassen. Die erstere dieser Annahmen bedarf keiner näheren Widerlegung; die zweite steht mit Allem im Widerspruch, was wir früher über das Verhalten vorhandener Anlagen erfahren haben: stets sind dieselben bestrebt, auszuwachsen; und es geschieht dies in der Regel auch immer vor der Anlegung wirklicher Neubildungen. — Würde man aber soweit gehen, schon jede Cambialzelle oder jede mehr oder minder grosse Gruppe von Cambialzellen als Anlage zu betrachten, so würde damit eine Annahme gemacht sein,

ähnlich der, auf welche wir gerade hinsteuern. Doch sei gleich darauf hingewiesen, dass man mit dieser Annahme auch gleich die Indifferenz jener ersten Anlagen annehmen müsste, deren Entwickelung und Form lediglich von dem Ort an der Lebenseinheit abhängig wäre.

Wir haben sonach, wenn man nicht das Wort Anlage in dem letztbezeichneten Sinne fassen will, soweit als überhaupt thunlich, nachgewiesen, dass in jedem auch von allen Anlagen freien Bruchstück des Pflanzenkörpers die Fähigkeit vorhanden ist, sich zur Lebenseinheit zu ergänzen. Doch gilt dies nur unter einer Bedingung, der nämlich, dass das Bruchstück eine Anzahl von Cambialzellen enthält. Wir wollen nun zunächst sehen, ob sich ein genügender Anhalt bietet, unseren Satz auf jeden beliebigen Complex lebendiger vegetativer Zellen auszudehnen.

Es ist bekannt, dass bei einigen dicotylen Pflanzen der Cambiumring periodisch seine Thätigkeit einstellt, und dass seine Zellen dann in Dauergewebe übergehen. Beim Wiederbeginn des Dickenwachsthums wird der dasselbe vermittelnde neue Cambiumring nicht in dem Dauergewebe, in welches sich der frühere verwandelt hat, sondern in der secundären oder selbst primären Rinde erzeugt. Das erstere ist der Fall bei Phytolacca decandra, das letztere bei Cocculus laurifolius.[1]) Aus Rindenparenchym geht hier also Cambialgewebe hervor, und wenn demnach aus dem letzteren Neubildungen entsprängen, so hätten sie durch das vermittelnde Cambium aus dem Rindengewebe ihren Ursprung genommen. — Bei anderen Pflanzen, z. B. den Nyctagineen, manchen Cacteen, Melastomeen u. s. w., entstehen normal im Mark und in der Rinde Gefässbündel mit Cambium. *Kny*[2]) hat vor Kurzem über die merkwürdige Thatsache berichtet, dass, wenn man junge dicotyle Stengel spaltet, in den in der Nähe der Schnittflächen liegenden Markzellen neue Cambiumzonen gebildet werden. Ich kann dem aus eigener Erfahrung hinzufügen, dass bei einer zu anderem Zweck vorgenommenen Entfernung des Markes aus einem schon etwas älteren Heterocentron-Zweige die Erzeugung eines Cam-

[1]) Anstatt aller Einzelheiten verweise ich auf die Zusammenstellung der anomal gebauten Dicotylen bei *de Bary:* Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, 1877. S. 258 ff.

[2]) *Kny.* Im Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforsch. Freunde zu Berlin vom 19. Juni 1877.

bium-ähnlichen Ringes an der Innenseite des Holzkörpers beobachtet wurde. In allen diesen Fällen verwandelt sich das Mark in cambiales Gewebe. — In manchen Fällen geht die Bildungsschicht des Korkes, das Korkcambium, aus Epidermiszellen hervor. Aus dem Korkcambium bildet sich aber nach innen nicht selten secundäre Rinde. Es wäre recht wohl möglich, dass diese, normal oder durch künstlichen Eingriff dazu veranlasst, cambiales Gewebe erzeugte, welches dann, allerdings vermittelst zweier Zwischenglieder, der Epidermis entstammte.

Die eben angestellten Erörterungen führen uns zu der Annahme, dass jede morphologische Gewebeform potentiell im Stande ist, Cambialzellen zu erzeugen. — Ist dies aber der Fall, dann verwandelt sich der aus unsern Experimenten abgeleitete Satz, dass jedes Bruchstück der drei morphologischen Hauptglieder an der Pflanze, sobald es nur eine Gruppe intacter Cambialzellen führt, die Elemente zum Aufbau des ganzen complexen Körpers enthält, in den umfassenderen, dass dieselbe Fähigkeit jedem beliebigen Complex vegetativer Zellen zukommt.

Ich glaube nicht, dass man gegen den eben angestellten Gedankengang erhebliche Bedenken vorbringen kann. Allerdings bin ich mir recht wohl bewusst, dass derselbe nur ein Nothbehelf ist, und dass eigentlich das Experiment allein entscheidende Beweiskraft besitzt. Um dieses anzustellen, hat sich mir jedoch unter den höheren Pflanzen bis jetzt noch kein Object geboten. — Doch sei bezüglich der Epidermis und äusseren Rindenschichten an die schon oben gemachte Angabe erinnert, dass die Adventiv-Sprosse an den Internodien von Begonia discolor direct aus jenen schon vollständig entwickelten Dauergewebeformen hervorgehen. Freilich liesse sich auch hier der Einwurf machen, dass dieser Process nur unter Vermittelung der in dem Stück vorhandenen Cambiumzellen vor sich gehe; und derselbe Einwurf liesse sich auch für einige Fälle der vorhin aufgezählten Gewebesonderungen wiederholen. — Dazu wäre nur zu bemerken, dass hier kein strenger Beweis zu liefern versucht, sondern nur dargethan werden soll, dass eine sehr nahegelegte Annahme wahrscheinlich richtig ist.

Nach allen auf Grund des Experimentes und der Verwandtschaft aller Gewebe angestellten Erwägungen kommen wir sonach zu dem Schluss, dass in jedem beliebigen Complex vegetativer

Zellen die Fähigkeit zur Reproduction des ganzen Organismus vorhanden ist. — Nun aber stehen wir erst vor der eigentlichen Frage: Hat nur der Complex die Fähigkeit, sich zur Totalität zu ergänzen, oder kommt diese Fähigkeit auch jedem einzelnen seiner Elemente zu? Da uns der Versuch im Stich lässt, müssen wir wieder zu einer vergleichenden Betrachtung unsere Zuflucht nehmen.

Wir wollen zu dem Ende von den niederen Pflanzen ausgehen. Eine einzellige Alge ist im strengsten Sinne des Wortes eine physiologische Individualität. Alle Lebensfunctionen werden von einem und demselben elementaren Gebilde ausgeführt. — Gehen wir von diesem aus aufwärts in der Stufenleiter des Pflanzenreichs, so begegnen uns zunächst solche Gebilde, bei denen die Einzelzellen sich noch vollständig individuell verhalten, aber durch äussere Bindemittel locker zusammengehalten werden; so z. B. manche durch blosse Schleimhüllen zu Colonieen vereinigte niedere Algen. Den auf eine Trennung der Einzelelemente hinwirkenden Kräften stehen hier Cohäsionskräfte gegenüber, welche die Bildung grösserer oder kleinerer Gruppen bedingen. Tritt in dem Gleichgewicht zwischen diesen Kräften eine Störung ein, was im normalen Verlauf der Entwickelung nach mehr oder minder regelmässigen Intervallen geschieht, so hört der Zusammenhang auf, und die grösseren Gruppen trennen sich in kleinere, oder lösen sich vollständig in ihre Einzelelemente auf. — Ein ähnlicher Gedankengang dürfte auch dann noch Geltung haben, wenn die Einzelzellen sich fester vereinigen, wie es beim Zellenfaden oder der Zellenscheibe in deren einfachsten Formen der Fall ist. Ungleich schwieriger aber gestaltet sich die Sache, sobald einzelne Zellen in der Gruppe eine besondere Ausbildung zur Erfüllung bestimmter Functionen erhalten, sobald eine Arbeitstheilung eintritt, und eine Anzahl von Elementen zu einer physiologischen Einheit zusammentritt.

Welcher Art die tieferen Ursachen sind, die diesen Erscheinungen zu Grunde liegen, wissen wir nicht. Allein der Vergleich der einzelligen Organismen mit solchen, die aus Gruppen gleicher, aber locker verbundener Elemente bestehen; und der Vergleich dieser Gruppen mit solchen, bei denen die Vereinigung fester und fester wird, bis endlich die einfachsten Formen der Arbeitstheilung auftreten, lässt der Annahme keinen Raum, dass in dem Complex

fundamental neue Kraftformen auftreten. Damit soll gesagt sein, dass nicht in dem Complex eine gleichsam über den Einzelzellen stehende und sie beherrschende Kraft erzeugt werde, sondern dass der Complex selbst das Resultat des Zusammenwirkens seiner Elemente sei. Was aber für die einfachsten Formen des Complexes gilt, das muss auch für die höchst zusammengesetzten Geltung haben, denn zwischen jenen und diesen findet sich eine ununterbrochene Kette von Uebergängen. — Es ist ferner daran zu erinnern, dass die einfacheren Formen der Arbeitstheilung selbst schon an einer und derselben Zelle in genau derselben Weise, wie sonst am Complex, auftreten.

Zu derselben Folgerung gelangt man auch auf anderem Wege. Wenn die Vorstellungen, welche aus der jetzt ziemlich allgemein angenommenen Descendenz-Theorie folgen, richtig sind, dann müssen sich unter irgend welchen Verhältnissen einst aus einzelligen Organismen mehrzellige entwickelt haben; es müssen einzelne Zellen zu Complexen zusammengetreten sein. Will man nun nicht, und dies ist für den Naturforscher unmöglich, den Causalzusammenhang alles Geschehens läugnen, so muss man annehmen, dass in diesem Falle der Complex die Summe der Wirkungen der Einzelelemente war, und dasselbe muss auch für alle folgenden Fälle gelten.

So führt also Alles zu der Annahme, dass in dem Stoff- und Kräftecomplex jeder einzelnen lebendigen vegetativen Zelle des Organismus die Möglichkeit zur Reproduction der Totalität mit ihrer mannigfachen Gliederung gegeben ist. Man kann sagen, dass in jeder einzelnen Zelle des Organismus das Ganze implicite enthalten sei, dass das letztere gewisser Maassen in jedem Einzelelement schlummere; nur muss man dabei stets im Auge behalten, dass diese Ausdrucksweise eine lediglich metaphorische Bedeutung hat. Am complexen Organismus ist jede Zelle nur Theil eines Ganzen, welcher für diesen eine bestimmte Function erfüllt; erst mit ihrer Isolirung hören die Beziehungen zur Totalität auf, und nun treten die Bedingungen ein, vermöge deren sie sich zum Ganzen zu entwickeln strebt.

Der Umstand, dass die Cultur-Versuche mit einzelnen von höheren Organismen entnommenen Zellen nicht gelingen, kann jedenfalls nicht als Beweis gegen die gemachte Annahme angeführt werden. Auch die befruchtete Eizelle würde, wenn isolirt,

zu Grunde gehen. — Immerhin ist nicht zu vergessen, dass die eben entwickelte Anschauung nichts ist, als eine Annahme, deren Richtigkeit zwar sehr wahrscheinlich gemacht, aber nicht bewiesen ist. Wäre das Letztere der Fall, dann würde der erste der oben abgeleiteten Sätze über die allgemeine Function der Zelle daraus folgen. Allein da dieser direct erwiesen, jenes aber nur eine Annahme ist, so muss man beide streng getrennt halten. Das sicher Festgestellte ist mit dem Möglichen und Wahrscheinlichen in keiner Weise zu verwechseln.

Wir lassen hier den Faden fallen, um ihn nach Gewinnung neuen Materials an geeigneter Stelle wieder aufzunehmen.

Anmerkung. Die im Obigen entwickelten Anschauungen über das Verhältniss der Zelle zum Organismus beruhen lediglich auf der Untersuchung gesunder Körper. Ob und inwieweit sie auf pathologische Zustände anwendbar sind, muss ich vorläufig dahin gestellt sein lassen. Die schwerwiegenden Gründe, welche besonders *Virchow* vom Standpunkte der Pathologie aus für die individuelle Selbstständigkeit der Zelle am Organismus vorgebracht hat (Ernährungseinheiten und Krankheitsheerde. Arch. f. path. An. u. Phys. IV. Bd. S. 375. — Cellular-Pathologie. Dass. Arch. Bd. VIII, S. 3 u. s. w. — Kurz behandelt in: Vier Reden über Leben und Kranksein. Berlin, 1862, II. Atome und Individuen. S. 35 ff.), sind mir wohlbekannt. Ich glaube aber bewiesen zu haben, dass seine Vorstellungen für die Entwickelung des normalen, gesunden Organismus nicht genügen. Eine eingehende Discussion der fraglichen Standpunkte bleibt der Zukunft vorbehalten.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Fig. 1. Zweigstück von Salix viminalis. Verkehrt hängend. s bedeutet hier wie überall die Spitze, b die Basis, w die Wurzeln.

„ 2. Zweigstück von S. vitellina. Aufrecht hängend; mit mehreren theils vollständigen, theils unvollständigen Ringelschnitten.

„ 3. Zweigstück von S. viminalis. Wie Fig. 1, aber verkehrt hängend.

„ 4. Zweigstück einer nicht näher beschriebenen Weidenart, verkehrt hängend.

„ 5 u. 6. Internodialstücke von Begonia discolor. Fig. 5 verkehrt, Fig. 6 aufrecht hängend; k die Knospen.

„ 7. Internodialstück von Heterocentron diversifolium. Aufrecht hängend.

„ 8. Zweigstück von S. pentandra. Verkehrt hängend. In der Mitte mit Ringelschnitt und aufgeschobenem Glasrohr.

„ 9. Zweigstück von S. viminalis. Verkehrt nahezu vollständig in Wasser hängend; mit zwei Ringelschnitten.

„ 10. Zweigstück von S. vitellina. An der Spitze ist ein mit Wasser gefülltes Glasrohr aufgesetzt.

Tafel II.

Fig. 1. Wurzelstück von Populus dilatata. Verkehrt hängend, in der Mitte ein kreisförmiger Ausschnitt. k die Knospen.

„ 2. Blattstiel von Begonia Rex mit einem kleinen Stück der Lamina. Verkehrt hängend. l die Lamina, k die Knospen.

„ 3 u. 4. Blätter von Cardamine pratensis mit Adventiv-Sprossen. Bei o die Einschnitte.

„ 5, 6 u. 7. Blattstücke von Heterocentron diversifolium. 5 und 6 verkehrt, 7 aufrecht in Erde gesetzt.

„ 8. Zweigstück von Heterocentron diversifolium. Verkehrt hängend.

„ 9. Kurzes Zweigstück von Ampelopsis hederacea. Stellung der Adventiv-Wurzeln andeutend.

„ 10. Kurzes Zweigstück von Salix alba. Stellung der Wurzeln neben den Knospen.

„ 11. Zweigstück von Heterocentron diversifolium. Verkehrt hängend.

Fig. 12 u. 13. Zweigstücke von Salix vitellina. Fig. 12 mit 2 Knospen; die gebogene Linie scheidet das lebendige vom todten Gewebe. — Fig. 13. Internodialstück mit einer Wurzel.

„ 14, 15, 16 u. 17. Opuntia polyantha. Fig. 14 die aus der Frucht erwachsene Pflanze. Unten die bewurzelte Frucht, dazu Fig. 17 der Längsschnitt. In der Mitte das Mittelgebilde zwischen vegetativem Spross und Blüthe, Fig. 16 die Spitze desselben. Oben zwei vegetative Triebe, zu deren Vegetationspunkt Fig. 15 den Umriss darstellt.

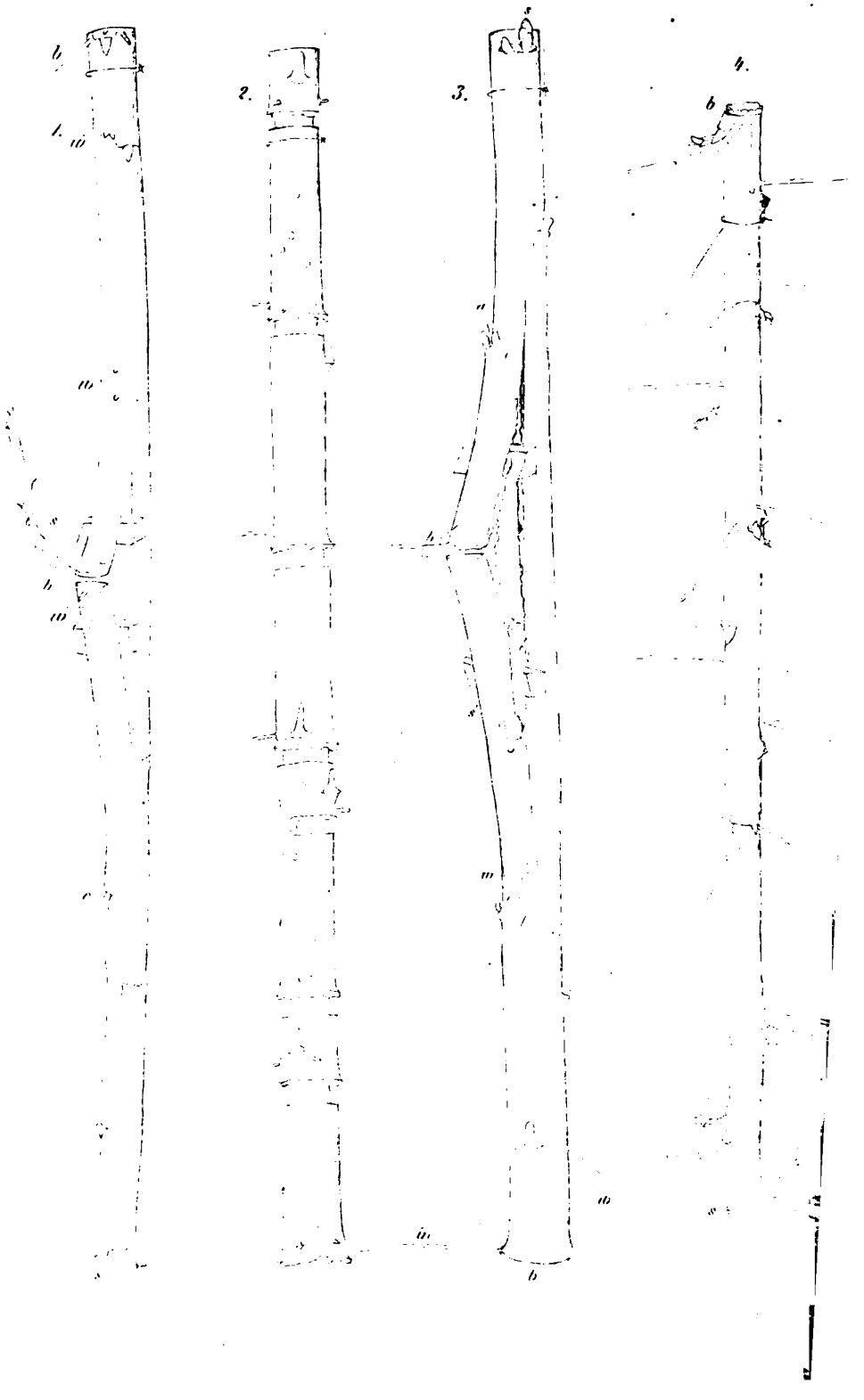
„ 18. Opuntia polyantha. Aus einer Frucht erzogene Pflanze ohne das erwähnte Mittelgebilde.

„ 19. Opuntia orbiculata. Frucht mit ihren Trieben, oberirdischer Theil. Links ein Mittelgebilde der bezeichneten Art, auf welchem zwei vegetative Triebe stehen. Rechts ein kürzerer vegetativer Spross.

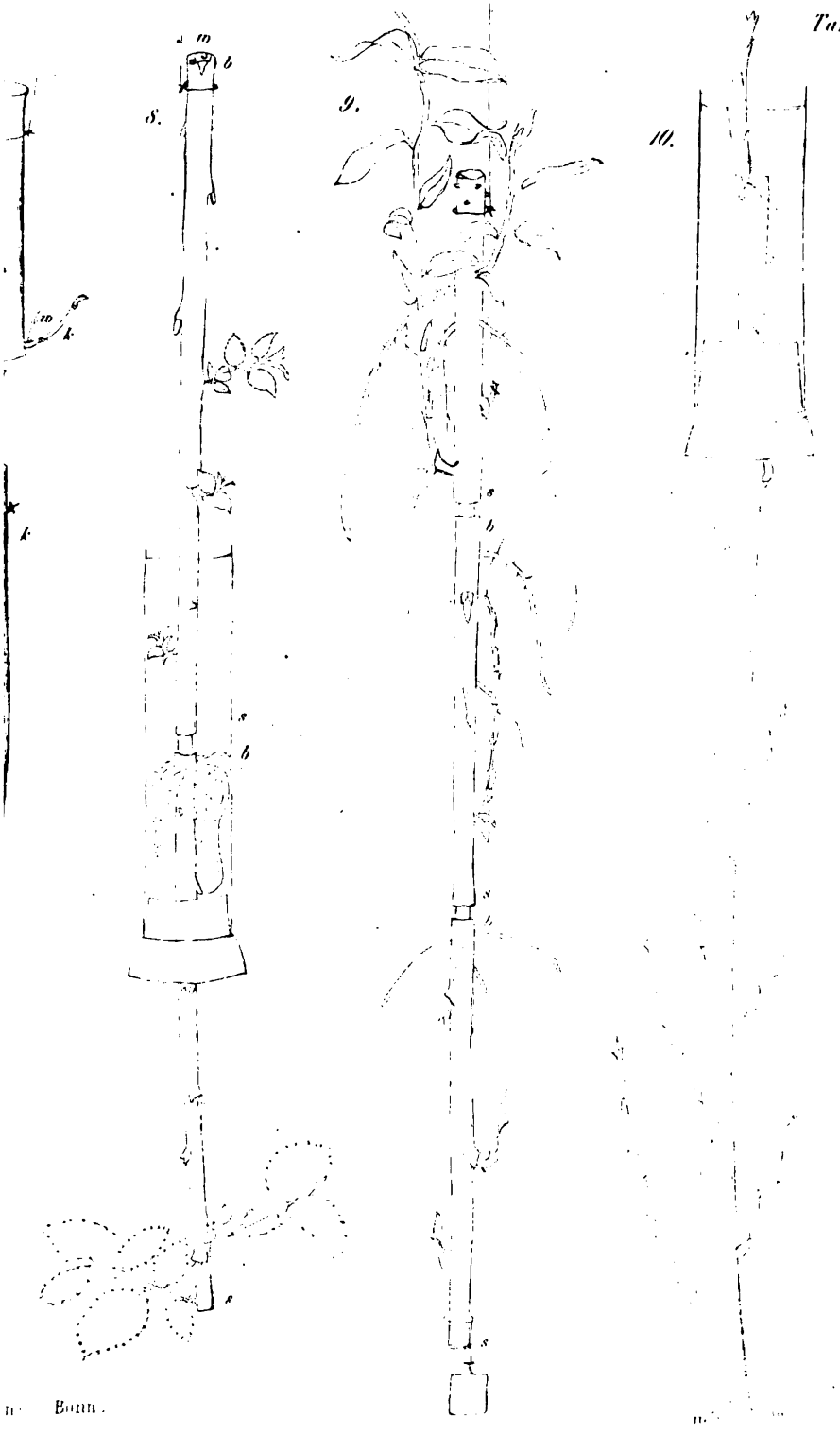
„ 20 u. 21. Kurze Zweigstücke von Ampelopsis hederacea. Wie Fig. 9 die Stellung der Wurzeln zu den Knospen andeutend.

Die meisten Figuren sind nach natürlicher Grösse oder schwach verkleinert gezeichnet. — Fig. 1 auf Taf. II ist dreimal verkleinert. — Fig. 15 auf Taf. II stellt eine 45fache, Fig. 16 eine 30fache Vergrösserung dar.

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA


1.
2.
3.
4.

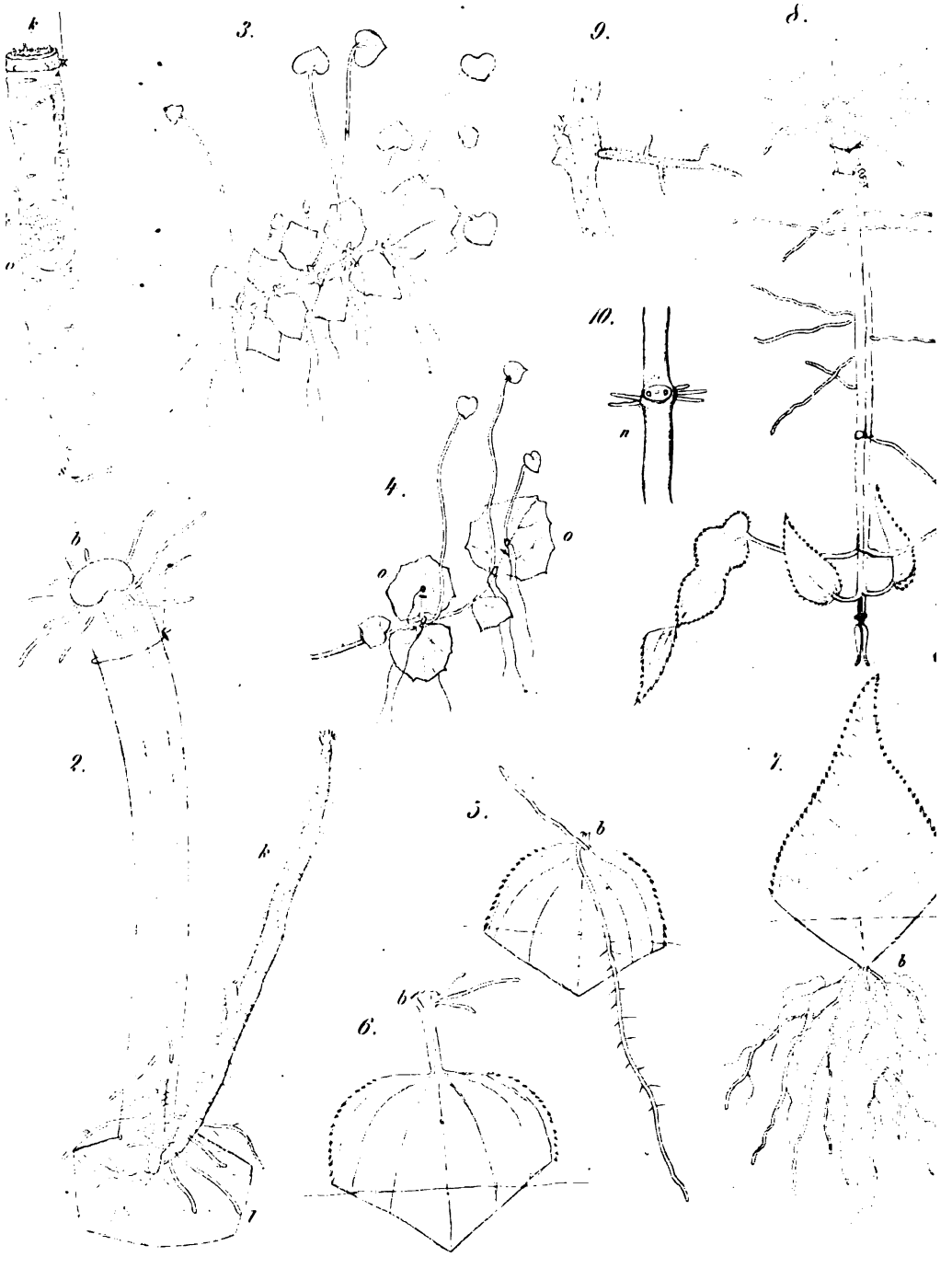
Taf. I.



Bonn.

REESE LIBRARY
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Max Cohen &

Cohen & Sohn, Bonn.

REES LIBRARY
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

ÜBER

ORGANBILDUNG IM PFLANZENREICH.

PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

WACHSTHUMSURSACHEN UND LEBENSEINHEITEN

VON

DR. HERMANN VÖCHTING,

O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BASEL.

ZWEITER THEIL.

MIT 4 TAFELN UND 8 HOLZSCHNITTEN.

BONN

VERLAG VON EMIL STRAUSS.

1884.

Uebersetzungsrechte vorbehalten.

HERRN

EDUARD PFLÜGER

ALS ZEICHEN HOHER VEREHRUNG

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Vorwort.

Nach fünf Jahren gelingt es mir endlich, die alte Schuld zu lösen. Als ich den ersten Band meiner Arbeit der Oeffentlichkeit übergab, war ein Theil des zweiten schon geschrieben und baldiger Abschluss des Ganzen in Aussicht genommen. Allein meine Uebersiedelung nach Basel, der dadurch bedingte Abbruch meiner Versuchsreihen in Bonn, die Wiedereinleitung neuer Reihen am neuen Bestimmungsorte: Alles trug dazu bei, die Vollendung der Arbeit zu verzögern. Dazu erweiterte sich der ursprünglich gespannte Rahmen der Untersuchung immer mehr, neue Gegenstände wurden hereingezogen; und bei dem Charakter solcher Untersuchungen, in's Unbegrenzte zu führen, würde wahrscheinlich noch lange kein Ende erreicht worden sein, wäre nicht ein rascher Entschluss helfend eingetreten.

Der Inhalt der vorliegenden Arbeit umfasst nur einen Theil der wirklich ausgeführten Untersuchungen, denjenigen, welcher zum Abschluss der im ersten Bande mitgetheilten unerlässlich ist. Eine Reihe weiterer Gegenstände, welche mit den hier vorgetragenen in mehr oder minder nahem Zusammenhange stehen, und theilweise schon zur Erledigung gelangt sind, habe ich besonderen Mittheilungen vorbehalten. Dasselbe gilt von den mancherlei Beobachtungen, welche zur Ergänzung der im ersten Theile niedergelegten Untersuchungen gemacht wurden.

Bei der Darstellung habe ich dieselben Regeln befolgt, welche mich bei der Abfassung des ersten Theiles leiteten. Fast überall sind nur die Gesammt- und Durchschnittsresultate der Versuche gegeben, die Beschreibungen einzelner Experimente dagegen soweit als irgend thunlich unterlassen. Die gemachten allgemeinen Angaben beruhen jedoch, was nachdrücklich bemerkt werden muss,

auf langen, über mehrere Jahre ausgedehnten Versuchsreihen mit den verschiedensten Objecten. Die Einzelbeschreibung der Experimente würde, ganz abgesehen davon, dass ihre Ausführung in einer für den Leser halbwegs geniessbaren Form mit beträchtlichen Schwierigkeiten kämpft, diesem Buche einen Umfang gegeben haben, den ich zu vermeiden wünschte.

In seiner inzwischen erschienenen Pflanzenphysiologie (II, 163 ff.) hat *Pfeffer* für den polaren Gegensatz in Spross und Wurzel den Ausdruck „Verticibasalität" angewandt, eine Bezeichnung, die mir durchaus zusagt. Wenn dieselbe im Nachfolgenden dennoch nicht gebraucht wird, so geschieht dies lediglich darum, weil dem ersten und zweiten Theile der Arbeit die einheitliche Darstellung gewahrt bleiben sollte.

Die ganze vorliegende Arbeit führte mit Nothwendigkeit auf ein eingehendes Studium der Lehre vom Obstbaumschnitt. Die Zurückhaltung, mit der man von vielen Seiten den Angaben der Praktiker gegenüber tritt, ist mir wohl bekannt; ich hoffe jedoch, dass bei näherer Betrachtung der Sache jedes Bedenken schwinden wird. In der That haben die Baumzüchter in vorzüglichem Grade das geleistet, was *Goethe* den Praktikern überhaupt zuspricht: „Sie werden vom Pfuschen zum Versuchen, vom Versuch zur Vorschrift, und was noch mehr ist, zum gewissen Handgriff vorschreiten, und nicht allein reden, sondern thun, und durch das Thun das Mögliche darstellen."

Allerdings sind nicht alle Angaben der Züchter richtig. Die Fluth von Literatur über Obstbaumzucht, mit welcher der Markt überschwemmt ist, bietet manches Schlechte und Unbrauchbare. Hier gilt es, jederzeit zu sichten und zu prüfen. Um dem Nichtkenner die Wahl zu erleichtern, habe ich einige der wichtigsten und wichtigeren Schriften im Text angeführt. Sollte zur Benutzung derselben durch meine Arbeit Anregung gegeben sein, so wäre einer der Wünsche erfüllt, die mir vorschweben. Denn es ist wohl nicht nöthig hinzuzufügen, dass der Schatz der Erfahrung, den die Züchter gesammelt haben, von mir nur angebrochen, nicht erschöpft worden ist.

Auf der andern Seite hege ich den Wunsch und die Hoffnung, dass meine Arbeit gelegentlich auch von Züchtern werde gelesen werden. Angesichts der Erfolge, welche sie auf empiri-

schem Wege errungen haben, ist zwar nichts begreiflicher, als dass sie der „grauen" Theorie mit einigem Misstrauen entgegen schauen. Allein wer wollte leugnen, dass die Kenntniss der Ursachen, deren Wirkung die Erfolge bedingen, und die der Züchter bisher ausser Acht gelassen hat, auf das Erringen weiterer Erfolge förderlich wäre? Zweifellos wird die Züchtung Aufgaben stellen, welche nur von Köpfen zu lösen sind, in denen sich Theorie und Praxis tief und innig durchdringen.

Schliesslich noch ein Wort über die Abbildungen. Gern hätte ich eine grössere Zahl derselben beigefügt, allein hier war eine gewisse Beschränkung geboten. Ich habe daher nur einen Theil meiner eignen Zeichnungen gegeben, die übrigen aber als vortreffliche Belegstücke den Schriften der Baum- und Weinzüchter entnommen. Auch aus diesen Abbildungen vermag der mit der Züchtung nicht Vertraute zu ersehen, zu welchen Methoden dieselbe gelangt ist.

Basel, im August 1883.

H. Vöchting.

Inhalt.

Seite

Einleitung.

Die verschiedenen Baum- und Strauch-, Zweig- und Wurzelformen 1

Der polare Gegensatz am Complex von Pflanzentheilen . . 16

Versuche im Laboratorium mit Zweig- und Wurzelcomplexen und ganzen Pflanzen 16

Die entsprechenden Versuche im Freien 27

Folgerungen aus dem bisher Untersuchten 36

Wachsthum geneigter und gekrümmter Langzweige 40

Das Verhalten des einzelnen Zweiges ausser Zusammenhang mit anderen betrachtet 40

Die Bedeutung verschiedener Zweiglagen im System 53

Erklärungsversuche 59

Einfluss des Lichtes 65

Zur Lehre vom Habitus der Sträucher und Bäume 68

Halbsträucher und Sträucher 68

Bäume 78

A. Trauerbäume 78

B. Aufwärts wachsende Bäume 93

Ueber die Symmetrie im Wachsthum des Wurzel- und Zweigsystems 97

Allgemeines 97

Die Cultur der Obstbäume in Töpfen 101

Das Beschneiden der Wurzeln 104

Das Beschneiden der Zweige 107

Ueber die Folgen einseitiger Ernährung durch die Wurzel . . . 107

Der Ringelschnitt 109

Historisches und Allgemeines über denselben 109

a. Vollständiger Ringelschnitt 121

b. Partieller Ringelschnitt 124

Ueber Längswunden am Baume 125

Verschiedenes 127

Die Lebensperioden des Baumes 127

Der polare Gegensatz an den Pflanzentheilen und seine Beziehungen zum Geotropismus 130

Seite

Zur Geschichte und Theorie des Obstbaumschnittes 137
Allgemeines und Historisches 137
Le Gendre 141
De la Quintinye 144
Roger Schabol. — Die Züchter von Montreuil 148
Duhamel du Monceau 151
T. A. Knight 153
Féburier 155
Die Zucht des Pfirsichbaumes 158
Die Zucht des Birnbaumes 170
Die Zucht des Weinstockes 178
Schluss 186
Anhang 188
Die Einwendungen von J. Sachs 188

Einleitung.

Der Natur ihrer Gegenstände entsprechend zerfällt unsre Untersuchung in zwei Hauptabschnitte. Der erste derselben beschäftigte sich mit der experimentellen Feststellung der Ursachen, welche den morphologischen Ort und die Entwickelung von Neubildungen, sowie die Ausbildung vorhandener Anlagen an isolirten Zweig-, Wurzel- und Blattstücken beherrschen. Es ergab sich, dass dabei in erster Linie ein System innerer Ursachen, in zweiter gewisse äussere Agentien, besonders die Schwere und das Licht, in Betracht kommen. — Im zweiten Abschnitt, zu dem wir uns nunmehr wenden, wird es sich um das Problem handeln, wie jene Kräfte auf ein mehr oder minder zusammengesetztes System von Zweigen, Wurzeln, Zweigen und Wurzeln, wie sie auf die ganze Pflanze, besonders den Baum, wirken. Ist ihr Einfluss auf das System derselbe, welcher am isolirten Gliede beobachtet wurde? Bietet der Complex von Theilen neue, noch unbekannte Ursachen dar, welche den schon bekannten als Componenten zugezählt sein wollen?

Eine nähere Erwägung dieser Fragen führt alsbald zu der Ueberzeugung, dass ihre Beantwortung mit ungleich grösserer Schwierigkeit zu kämpfen haben wird, als die Lösung des Problems im ersten Abschnitt. Ein mit Knospen besetzter Zweig, ein Wurzelstück, ein Blatt sind, morphologisch genommen, verhältnissmässig einfache Gebilde. Ganz anders der Baum. Selbst im einfachsten Falle bietet er ein System sehr verschieden starker und sehr verschieden geneigter Aeste und Zweige dar, an denen dann wieder die relative Stellung in Bezug auf Spitze und Basis des tragenden Organes zu unterscheiden ist. Ganz besonders aber fällt der Unterschied zwischen Laub- und Blüthensprossen in's Gewicht, zu denen sich in manchen Fällen noch die Dornen

gesellen. Einfacher zwar, doch auch mannigfache Unterschiede zeigend, sind die Verhältnisse im Verzweigungssystem der Wurzel.

Es sei hier nun gleich bemerkt, dass in Anbetracht der angedeuteten Umstände im Nachfolgenden keineswegs eine erschöpfende Darstellung unsres Gegenstandes angestrebt werden wird. Zu einer nur annähernd vollständigen Durchführung desselben, soweit sie überhaupt in unsrer Zeit thunlich ist, fehlt es an einer Reihe besonderer Untersuchungen, deren Erledigung noch der Zukunft vorbehalten bleibt.

Wohl aber wird es gelingen, darzuthun, dass die wesentlichen Erscheinungen, welche im ersten Abschnitt gefunden und studirt wurden, auch an der ganzen Pflanze wiederkehren. Während jedoch im einen Falle das System von Gliedern, welches die letztere darstellt, bei aller auch vorkommenden Complication keine principiell neuen Verhältnisse darbietet, treten im andern zu den bekannten noch gänzlich unbekannte innere Ursachen hinzu, von denen sich einstweilen nichts weiter feststellen lässt, als ihre Existenz.

Um den Nachweis des oben Gesagten zu liefern, bedurfte es einer nicht unbeträchtlichen Anzahl neuer Experimente, und genauer, lange fortgesetzter Beobachtung der Wachsthumsverhältnisse typischer Objecte im Freien. Die so gewonnenen Erfahrungen wurden dann zunächst theoretisch verarbeitet, und für die ursächlichen Momente der mannigfachen Erscheinungen nach einem möglichst einfachen Ausdruck gesucht. — Für die Richtigkeit der gezogenen Schlüsse ergab sich weiter eine Bestätigung der umfassendsten Art in der künstlichen Obstbaumzucht, welche der Physiolog als eine Summe von im grossartigsten Maassstabe ausgeführten Experimenten betrachten kann.

Es erscheint nothwendig, vor dem Eintritt in die experimentelle Untersuchung einige allgemeine Erörterungen über Wachsthumsverhältnisse vorauszuschicken.

Fasst man die Gesammtheit unsrer Bäume und Sträucher in's Auge, so bieten sich gewisse Unterschiede dar, welche bei der Untersuchung wesentlich in Betracht kommen. Diese Unterschiede betreffen in erster Linie die Zahl der Hauptaxen im System, und das Verhältniss der Seitenaxen zu jenen, den Grad der Abhängig-

keit der letzteren von jenen. Es lassen sich hiernach zwei Gruppen unterscheiden.

1. Die Formen der ersten Gruppe, welche als monocormische bezeichnet werden mögen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie die ausgesprochene Tendenz besitzen, nur eine Hauptaxe zu bilden. Im reinsten Falle ist nur diese Hauptaxe orthotrop, während alle Seitenaxen plagiotrope Gebilde sind. Das ganze Verzweigungssystem macht so den Eindruck des Geschlossenen; alle Theile erscheinen in einer gewissen Abhängigkeit von einander; die äussere Form des Ganzen ist die eines aufrechten Kegels oder eines Ovals. Die besten Vertreter dieser Gruppe finden sich unter den Coniferen.

2. Bei den Formen der zweiten Gruppe, die wir polycormische nennen wollen, ist zwar der Anlage nach auch nur eine Hauptaxe vorhanden, allein es herrscht hier nicht die bestimmte Tendenz, dieselbe zu bewahren; es können vielmehr an ihrer Stelle mehrere und selbst zahlreiche auftreten. Die seitlichen Bildungen an der oder den Hauptaxen zeichnen sich dadurch aus, dass sie anfänglich als plagiotrop erscheinen, sich später bei weiterer Entwickelung aber theilweise als orthotrop erweisen, und nun der Hauptaxe in dem Modus ihres Wachsthums völlig gleichen. Auf diese Weise entsteht ein Verzweigungssystem, dessen einzelne Glieder in viel geringerem Grade von einander abhängig sind, als es bei den Formen der ersten Gruppe der Fall ist. Dem entsprechend ist auch der äussere Umriss des Systems ein sehr wechselnder, bald ein regelmässiger, bald ein unregelmässiger. Unter der Hand des Züchters nehmen diese Formen eine sehr verschiedene Gestalt an, ohne dass ihrer Natur ein gar zu grosser Zwang braucht angethan zu werden. — In diese Gruppe gehören die meisten unsrer einheimischen Laubbäume und Sträucher.

Dass die beiden eben gekennzeichneten Gruppen mancherlei Uebergänge darbieten, bedarf kaum noch einer besonderen Erwähnung. Beispiele derartiger vermittelnder Glieder finden sich besonders unter den Coniferen, Verhältnisse, auf die wir an anderm Orte näher eingehen werden.

Die vorliegende Arbeit behandelt nun lediglich polycormische Bäume und Sträucher. Meine Untersuchungen monocormischer Objecte, wenn auch schon sich über mehrere Jahre ausdeh-

nend, sind noch nicht soweit abgeschlossen, um hier mitgetheilt werden zu können; sie werden daher erst später ihre Besprechung finden.

Fassen wir nunmehr die verschiedenen Zweig- und Sprossformen polycormischer Gewächse in's Auge.

In dem Verzweigungssysteme der meisten derartigen einheimischen Bäume und Sträucher giebt es verschiedene Hauptformen von Gliedern, welche fast überall wiederkehren, im einen Falle aber mehr, im andern weniger ausgesprochen sind. Von den stärkeren Aesten zunächst abgesehen, gewahrt man der Länge und Dicke nach kräftig entwickelte Zweige, die mehr oder weniger nach oben gerichtet sind, und als „Langzweige", bald auch als „Laubzweige" bezeichnet werden. Der allgemeinen Regel nach stehen diese Zweige an der Spitze ihrer Träger. Sie gehen hervor aus der Terminalknospe und den auf diese folgenden Seitenknospen der vorigjährigen Zweige. Bald wird nur ein solcher Langspross entwickelt, bald deren mehrere. Im letzteren Falle nimmt die Stärke und Länge derselben von der Spitze aus meistens allmälig ab.

Auf die genannten Bildungen folgen mehr oder weniger kurze Zweige, welche *Wigand* als „Stauchlinge", *Areschoug* und Andere als „Kurzzweige" bezeichnen. Auch diese erfahren in der Regel von oben nach unten allmälige Grössenabnahme; an sie schliessen sich gewöhnlich nach unten Knospen, welche keine Entwickelung erfahren.

Die beiderlei oben bezeichneten Zweigformen können durch allmälige Uebergänge mit einander verbunden sein, oder unvermittelt auf einander folgen.

Bezüglich des Verhaltens der verschiedenen Sprossformen gegen den Einfluss der Schwerkraft sei hier gleich Folgendes bemerkt. Die Langtriebe zeigen einen je nach ihrer Stärke mehr oder minder energischen negativen Geotropismus, während die Kurztriebe auf den Einfluss der Schwerkraft nur schwach reagiren, oder, wie es in vielen Fällen scheint, gänzlich indifferent sind. — In einem kräftigen Verzweigungssystem mit mehreren Langtrieben wächst der apicale Spross gewöhnlich in der Richtung des Erdradius; die darauf folgenden Triebe beschreiben anfänglich mit dem letzteren einen verschieden grossen Winkel, um sich später jedoch ebenfalls aufwärts zu krümmen. Je kürzer die Triebe

bleiben, um so weniger wachsen sie nach oben, bis endlich die echten Kurztriebe eine ganz oder annähernd horizontale Stellung einnehmen.

Während die Langzweige an ihren Spitzen wieder ihres Gleichen erzeugen, gehen aus den Kurzzweigen in der nächsten oder in einer der folgenden Vegetationsperioden Blüthen hervor. Die ersteren dienen zum Aufbau des vegetativen Gerüstes, zur Herstellung des Systems der Aeste; die letzteren vorwiegend zur sexuellen Vermehrung. — Alle Sprossanlagen sind ursprünglich morphologisch gleichwerthig. Der Unterschied zwischen einem Lang- oder Laub- und einem Kurzzweige besteht darin, dass im einen Falle die Axe ein mehr oder minder lange andauerndes, oft unbegrenztes Längenwachsthum erfährt, während dieses im anderen Falle nach relativ kurzer Dauer erlischt. Am Kurz-, resp. Blüthenzweige geht die bildende Thätigkeit fast gänzlich in der Erzeugung von Blättern auf; die Internodien sind kurz, die Ausbildung der Axe erscheint gewisser Maassen als Nebensache. Am Langzweige findet ebenfalls und zwar meist eine energische Blattbildung statt, allein daneben tritt die Ausbildung der Axe als Hauptsache auf; die Internodien sind länger und dabei in jeder Beziehung kräftiger gebaut, als die der Kurzzweige. Diese sind nicht selten ganz oder theilweise hinfällig, die Langzweige dagegen ein auf die Dauer berechnetes Product.

Bedenkt man ferner, dass alles Wachsthum auf der Wirkung innerer Druckkräfte beruht, so lässt sich auch sagen: die Langtriebe unterscheiden sich dadurch von den Kurztrieben, dass in ihnen die in der Richtung der Längsaxe thätigen Druckkräfte lange wirken, während sie in den Kurztrieben eine nur relativ geringe Grösse erlangen und früher erlöschen. Und weiter in Beziehung auf den mütterlichen Träger: die Langtriebe entstehen da, wo die in die Longitudinale fallenden Druckkräfte am grössten sind, die Kurztriebe da, wo jene Kräfte geringer wirken.

Der Einfluss des Alters, welches der ganze Baum besitzt, auf die Entwickelung der verschiedenen Sprossformen kann erst später erörtert werden.

Die eben gegebenen allgemein gehaltenen Erörterungen seien nunmehr an einigen passenden Beispielen genauer erläutert. Solche finden sich besonders bei den Pomaceen, und wir wählen zunächst eine wichtige Culturpflanze:

Pirus communis L. Betrachtet man während der Ruheperiode das Verzweigungssystem eines normal entwickelten Baumes mittleren Alters, so ergeben sich folgende Verhältnisse.

Der Spitze eines vorjährigen kräftigen Langzweiges mit aufrechter Stellung entspringt ein ebenfalls kräftiger Langzweig, welcher der Terminalknospe des ersteren entstammt, und dessen directe Verlängerung darstellt. (Fig. 1.) Auf diesen Terminalzweig folgen noch ein, zwei oder selbst mehrere weitere Langzweige, deren Länge mit ihrer Entfernung von der Spitze allmälig abnimmt. An diese schliessen sich Zweige, die immer kürzer werden, bis endlich der basale Theil des mütterlichen Trägers nur noch Knospen führt, welche nicht zur Entwickelung gelangten.

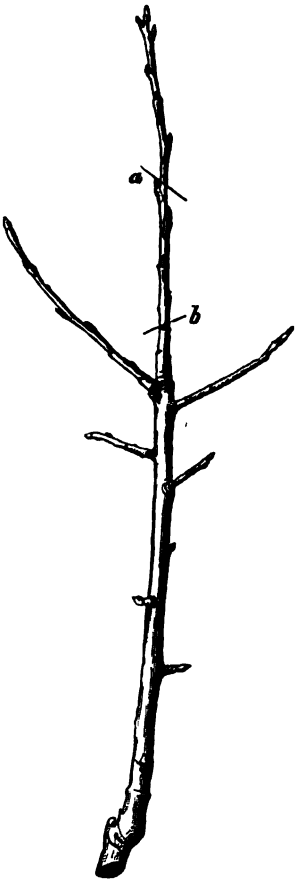


Fig. 1.

Während der Terminalzweig senkrecht nach oben gerichtet ist, entspringen die folgenden Zweige aus der tragenden Axe unter einem Winkel, der um so grösser wird, je weiter der Zweig von der Spitze entfernt ist. In einem mir vorliegenden Falle bildet der basale Theil des höchsten Seitenzweiges mit der Mutteraxe einen oberen Winkel von 50°, der gleiche Theil des zweiten Zweiges einen solchen von 70°, der folgende Zweig einen Winkel von ungefähr 82°, und die nun folgenden Zweige stehen ganz oder annähernd horizontal. — Der oberste Seitenzweig ist in seinem apicalen Theile stark nach oben gekrümmt, der folgende etwas schwächer; der dritte, dessen Längenentwickelung schon erheblich geringer ist, ebenso wie die folgenden, gerade.

Was die Grösse der Knospen anlangt, so ergiebt sich zunächst für die Langzweige, dass stets die Terminalknospe die stärkst ent-

wickelte ist, dass die Ausbildung der Seitenknospen in der mittleren Region des Zweiges ungefähr constant bleibt, dagegen abnimmt, wenn man sich der Basis nähert. Unmittelbar an der letzteren sind sie sehr klein, oder abortiren manchmal auch. — Alle diese Knospen sind rein vegetativer Natur; keine einzige führt Blüthenanlagen.

Aehnlich, wie die beschriebenen, sind auch die Grössenverhältnisse der Knospen an den Kurzzweigen, nur weichen sie in etwas ab. Die Terminalknospe erfährt den Seitenknospen gegenüber ein weit überwiegendes Wachsthum; ja an den ganz kurzen Zweigen sind die letzteren so klein, dass man sie erst bei näherer Betrachtung gewahrt. Der ganze Zweig erscheint dann lediglich als Träger der Terminalknospe. Die letztere führt oder entwickelt später in fast allen Fällen Blüthenanlagen.

Verschieden wie die Knospen sind auch die Längen der Internodien, allein das Verhältniss ist hier ein anderes. An den Langzweigen sind die basalen Internodien kurz, die Knospen folgen hier rasch aufeinander; nach der Mitte der Zweige hin werden sie allmälig länger, erreichen über derselben meistens das Maximum ihrer Entwickelung und eine meist beträchtliche Länge, um an der Spitze nach und nach wieder kürzer zu werden. — An den echten Kurzzweigen bleiben die Internodien stets sehr kurz, auch die mittleren, wenngleich diese gewöhnlich etwas länger sind, als die basalen und apicalen. An den Orten der Blattansätze ist der Zweig mit ringförmigen Polstern umgeben, welche dicht auf einander folgen, und ihm ein sehr charakteristisches Aussehen verleihen.

Mit diesen äusseren Unterschieden gehen, wie hier beiläufig bemerkt werden mag, wichtige innere Differenzen Hand in Hand. Die Elemente, welche den Holzkörper der Langzweige zusammensetzen, sind im Allgemeinen länger, und zeigen auch andere Strukturverhältnisse, als die entsprechenden Theile der Kurzzweige. Die Langzweige sind fester gebaut, als die Kurzzweige. Von zwei Zweigen mit etwa gleicher Querschnittsfläche bricht bei einem in der Querrichtung ausgeübten Drucke der Kurzzweig ungleich leichter, als der Langzweig.

Alles bis jetzt Gesagte gilt für die ausgesprochenen Formen der beiderlei Zweige. Die Mittelbildungen nun, durch welche

dieselben, wie oben beschrieben, in kräftigen Zweigsystemen mit einander verbunden werden, stellen in allen Punkten intermediäre Formen dar.

Ist dagegen das Zweigsystem schwächer, dann können die Mittelbildungen gänzlich oder nahezu fehlen. Es kann dann bloss ein terminaler Langzweig entwickelt werden, während sämmtliche seitliche Knospen sich in echte Kurzzweige verwandeln, beziehungsweise in Ruhe bleiben (Taf. II Fig. 1.); oder es kann der oberste Seitenzweig eine Mittelbildung darstellen, welche mehr einem Kurzzweige gleicht u. dgl. m., Verhältnisse, deren blosse Andeutung genügt.

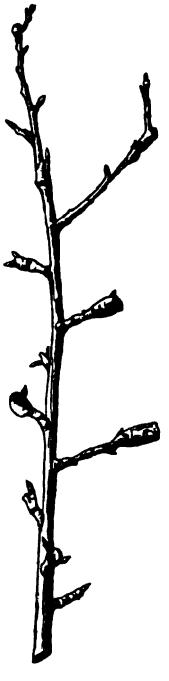


Fig. 2.

Soviel über ein Verzweigungssystem, das — vom Alter der dasselbe erzeugenden ersten Knospe abgesehen, — in zwei Vegetationsperioden hergestellt wurde. Wächst das Ganze ungestört weiter, so wiederholen sich an den Langzweigen dieselben Vorgänge, welche am Mutterzweige beobachtet wurden; die mit Blüthen oder Blüthenständen endigenden Kurzzweige dagegen erfahren eine Veränderung. Das in der Knospe enthaltene Axenstück streckt sich während der Blüthen- und Fruchtentwickelung mässig in die Länge und verdickt sich dabei so beträchtlich, dass es eine meist tonnenförmige Gestalt annimmt und alsbald in die Augen fällt[1]). Im Herbst nach der Fruchtreife wird der apicale Theil dieser Gebilde abgeworfen; unterhalb desselben finden sich eine, zwei oder selbst mehrere Knospen, welche in der Folge wieder zur Blüthenbildung schreiten. In andern Fällen, wenn auch seltener, gehen aus diesen Knospen

---

[1]) Die gleichen Gebilde hat *Reinke* bei der Quitte beobachtet und beschrieben. Vergl. s. Aufsatz: Ueber eine Fortpflanzung des durch die Befruchtung erzeugten Wachsthums-Reizes auf vegetative Glieder. — Nachrichten der Königl. Gesellschaft d. Wissenschaften in Göttingen. No. 15. 1878.

Die hier besprochenen Bildungen finden sich auch sonst nicht selten.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

kurze Laubsprosse hervor, welche an der Spitze erst mit Blüthenknospen endigen; und in noch seltneren Fällen und nur unter besonderen Umständen geben sie längeren Laubsprossen den Ursprung. Fig. 2 stellt ein System solcher Zweige dar, welches die angedeuteten Verhältnisse aufweist.

Da die genaue Kenntniss der verschiedenen Zweigformen für die Obstbaumzucht von hoher Bedeutung ist, so wurden dieselben schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts und theilweise noch früher mit besonderen Namen belegt. Man unterscheidet zwei Grundformen: „Holz-" und „Fruchtzweige" (branches à bois et br. fructueuses). Unter den ersteren heisst der apicale „Mutter-" oder „Leitzweig" (br. mère ou br. tirante), die folgenden Langzweige „Nebenleitzweige" (br. latérales). Von allen weiteren für uns unwichtigen Unterscheidungen der Holzzweige abgesehen, sind hier noch die „Wuchertriebe" oder „Räuber" (br. gourmandes, gourmands) zu nennen, welche an beliebigen Orten aus älteren Zweigen und Aesten hervorgehen, und eine besonders kräftige Entwickelung erfahren. Sie sind dem Züchter vor Allem bei der Bildung von Spalierbäumen lästig, und spielen in der Geschichte der Zucht eine grosse Rolle. Auf die Ursachen ihres Entstehens werden wir später genauer eingehen. — Von den verschiedenen Bezeichnungen der Fruchtzweige seien hier folgende hervorgehoben. Die Uebergangsformen zwischen den Holz- und Fruchtzweigen, wenn sie gestreckte Internodien führen, dünn und gerade sind, nennt man „Fruchtreiser" (brindilles). Ein kurzer derartiger Zweig, dessen Terminalknospe noch keine Blüthenanlagen enthält, wird als „Fruchtspiess" (dart) unterschieden; als „lambourde", wenn die Terminalknospe Blüthenanlagen besitzt. Die oben beschriebenen eigenthümlichen tonnenförmigen Gebilde, welche wahre Herde für die Fruchtbildung darstellen, bezeichnet der Züchter mit dem Ausdruck „Fruchtbörse" (bourse).

Soviel über den Birnbaum. Aehnliche Verhältnisse finden wir bei dem Apfelbaum und anderen Pomaceen. Bei einzelnen derselben gestalten sie sich allerdings viel einfacher, so z. B. bei Malus floribunda. Nur aus der Endknospe eines vorigjährigen Langzweiges geht wieder ein Langzweig hervor, während alle Seitenknospen Kurzzweige darstellen, deren jeder ein stattliches Blüthenbüschel bildet. — Etwa die gleichen Verhältnisse finden wir

bei Prunus Cerasus L., während Prunus Avium L. Uebergangsbildungen zwischen Lang- und Kurzzweigen aufweist.

Ulmus campestris L. Ein lehrreiches Beispiel für die allgemeine Regel liefert uns ferner die überall cultivirte Ulme. Die Blätter und Knospen der Zweige dieses Baumes haben bekanntlich alternirend zweizeilige Stellung; die Ebene, welche die Blätter aufnimmt, steht senkrecht zu der auf die Mutteraxe bezogenen Mediane des Zweiges. Bezüglich der Drehungen, welche die horizontalen Sprosse ausführen müssen, um ihre Blätter in wagerechte Lage zu bringen, wolle man *Frank's*[1]) Angaben vergleichen. Je aufrechter der Mutterzweig, um so geringer werden natürlich jene Drehungen; an senkrecht gestellten würden sie wegfallen. Diese Lage wird aber gewöhnlich selbst von den stärkeren Zweigen nicht völlig erreicht, sondern es bilden dieselben einen wechselnd grossen Winkel mit der Verticalen. Betrachtet man nun ein kräftiges Verzweigungssystem der letzteren Art eines in rüstiger Entwickelung begriffenen jungen Baumes, so ergiebt sich folgende Zweigordnung. (Taf. I, Fig. 1, in welcher ein sehr kräftiges System gegeben ist.) Den Scheitel des im Vorjahre gebildeten Langzweiges nimmt der stärkste diesjährige Langspross ein. Er stellt in der Regel die directe Verlängerung des mütterlichen Trägers dar, entstammt jedoch nicht der Terminal-, sondern der obersten Seitenknospe. Die Terminalknospe abortirt, wie schon *Ohlert*[2]) beobachtete, regelmässig an den Zweigen verschiedener Bäume, wie der Linde, der Ulme u. s. w. Auf den Apicaltrieb folgen seitliche Bildungen, deren Länge und Stärke ziemlich regelmässig mit der Entfernung von der Spitze abnimmt; die basalen Knospen sind gewöhnlich unentwickelt geblieben. Der Winkel, welchen die Seitenzweige mit der Mutteraxe bilden, nimmt von der Spitze aus allmälig an Grösse zu; so hat z. B. in dem dargestellten Falle der Winkel zwischen der Mutteraxe und dem rechten oberen Seitenzweig eine Grösse von etwa 30°, der des

---

[1]) *Frank, A. B.*, die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen u. s. w. Leipzig 1870. S. 30 ff.

[2]) *Ohlert, E.*, einige Bemerkungen über die Knospen unserer Bäume und Sträucher. Linnaea XI. 1837. S 633.

zweiten links gelegenen Zweiges 45°, der des dritten rechtsseitigen 50°, der des vierten 60°, der des fünften 65° u. s. w.; die basalen kurzen Zweige stehen ganz oder nahezu senkrecht auf dem Mutterzweige. Dazu kommt, dass sich die der Spitze nahen Zweige mehr oder minder stark aufwärts krümmen, während die tiefer stehenden gerade sind.

Ein derartiges kräftiges Verzweigungssystem bringt nun im Frühjahr überwiegend vegetative Producte und nur wenig Blüthen hervor. Die letzteren finden sich an den stärkeren Apicalzweigen gar nicht; an den folgenden Zweigen treten sie anfangs vereinzelt, dann regelmässig auf, sind jedoch stets auf die Basis beschränkt. Am relativ häufigsten sind sie an den kurzen Basalzweigen vorhanden, an denen meist nur eine oder mehrere Apicalknospen vegetativ sind. — Zu bemerken ist hierbei, dass die kurzen blüthentragenden Axen nicht verholzen, sondern krautig bleiben und mit den Früchten abfallen. Will man die Bezeichnung „Kurzzweig" ausschliesslich für verholzte Gebilde aufbewahren, so hat demnach Ulmus keine eigentlichen Kurzzweige.

Alles bisher Gesagte gilt, wie erwähnt, für ein kräftig entwickeltes, nach oben gerichtetes Verzweigungssystem. Wählt man dagegen ein schwächer ausgebildetes von stark geneigter oder horizontaler Richtung, so kehren die gleichen Verhältnisse, jedoch mit einigen Abweichungen, wieder. Die Grössenzunahme der Winkel zwischen der Mutteraxe und den Seitenzweigen erfolgt im Ganzen rascher, der geringeren Entwickelung der Zweige entsprechend. Ferner ist die Zahl der Blüthen eine meist beträchtlich grössere. Es reicht die Blüthenbildung sowohl an den einzelnen Seitenzweigen höher hinauf, als sie sich auch auf die der Spitze nahen Seitenzweige erstreckt.

Soweit die zweijährigen Verzweigungssysteme. Bei der weiteren Entwickelung derselben stellt sich heraus, dass an den Verzweigungen höherer Ordnung, und zwar steigend, das vegetative Wachsthum abnimmt, die Blüthenbildung dagegen wächst. Mehr und mehr beschränkt sich die Erzeugung von Laubknospen auf die Spitzen der Zweige; die aus ihnen hervorgehenden Triebe werden immer kürzer. Endlich wird selbst die Apicalknospe zur Blüthenbildung verbraucht, ein Prozess, mit welchem das Wachsthum des Zweiges erlischt, und er in der Regel zu Grunde geht. —

Bezüglich alles Weiteren über das Wachsthum der Ulme wolle man die Schrift von *Areschoug* vergleichen.

Tilia europaea L., bei welcher bekanntlich die Blüthen in demselben Jahre angelegt und ausgebildet werden, mag als drittes Beispiel genannt werden.

Wie bei der Ulme, so erzeugt der Laubtrieb auch hier keine Terminalknospe, sondern es wird die Verlängerung desselben in der folgenden Vegetationsperiode ebenfalls von der obersten Seitenknospe übernommen. Während diese sich ausbildet, gehen aus den folgenden Seitenknospen ebenfalls Laubtriebe hervor, deren Wachsthum aber früh erlischt. Aus den seitlichen Knospen der letzteren entspringen im nächsten Frühjahr die Blüthenstände, doch können diese auch in den basalen Blattachseln junger, noch in Entwickelung begriffener Triebe zu sofortiger Ausbildung gelangen. Dass auch bei der Linde der Modus des Wachsthums der einzelnen Zweigsysteme durch das Alter des Baumes bestimmt wird, braucht hier nicht näher ausgeführt zu werden.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um das Verhalten der Mehrzahl unserer einheimischen Bäume zu kennzeichnen. Neben diesen giebt es mancherlei andere Vorkommnisse, welche mehr oder weniger weit von den beschriebenen abweichen. Auf eine genaue Erörterung derselben müssen wir hier verzichten; statt vieler sei hier nur ein Beispiel genannt, das uns besonders nahe liegt.

Salix alba L., *S. purpurea L.* und viele andere Weidenarten. Die kräftigen jährigen Langzweige wachsen im Sommer sehr lange, häufig während der ganzen Vegetationsperiode. Die Spitzen der gebildeten Triebe sind so schwach, dass sie im Winter zu Grunde gehen. Auf diese Region der Zweige folgt diejenige, deren Knospen die Anlagen zu den Blüthenständen führen, und erst an diese schliesst sich der nun seiner ganzen Länge nach mit Laubknospen besetzte Theil. Laub- und Blüthenstand führende Knospen sind jedoch nicht scharf von einander abgesetzt; einzelne der ersteren stehen zwischen den letzteren, andere auch über ihnen. Während und nach der Blüthenentfaltung gehen aus den höchst gelegenen Laubknospen, also entweder unmittelbar unter, zwischen, oder — wenn dort Knospen vorhanden — über den Blüthenständen die neuen Langzweige hervor, welche das Verzweigungssystem fortsetzen.

Die genannten Weidenarten zeigen sonach von der früher angegebenen allgemeinen Regel nicht unerhebliche Abweichungen. Von dem schwachen absterbenden apicalen Theile des Zweiges gänzlich abgesehen, nehmen die Blüthenknospen die Spitze ein, und erst unter ihnen stehen die Laubknospen. Diese umgekehrte Ordnung kann man sich vielleicht in folgender Art entstanden denken. So lange der Laubzweig ein kräftiges Wachsthum erfährt, erzeugt er nur vegetative Knospen, und zwar im Allgemeinen mit zunehmender Stärke. Dann wird sein Wachsthum schwächer, und dem entsprechend entstehen Blüthenknospen. Bei noch weiter fortgesetztem Wachsthum nimmt dasselbe an Energie immer mehr ab, und die nun entstehenden Theile sind so schwach, dass sie bald zu Grunde gehen. — Bei einer derartigen Auffassung würden diese Abweichungen unter die allgemeine Regel fallen.

Allein die Weiden zeigen noch weitere Eigenthümlichkeiten.

Sehr häufig erzeugen die Jahrestriebe der genannten und anderer Weidenarten nicht ruhende vegetative Knospen, sondern es entwickeln sich die Axillarknospen bald nach ihrer Anlegung zu Trieben. Diese bilden sich in acropetaler Folge aus, derart, dass ein Verzweigungssystem entsteht, welches dem annueller krautiger Pflanzen oder dem Wurzelsystem einer dicotylen Keimpflanze gleicht, nur mit dem Unterschiede, dass das letztere sich nach unten, jene nach oben verjüngen. Während diese Seitentriebe an stark zurückgeschnittenen Pflanzen in regelmässiger Folge von der Basis der Mutterzweige an entstehen, bilden sie sich bei ungestörtem Wachsthum lediglich an den höheren Theilen der letzteren und stellen manchmal nur hinfällige Bildungen dar.

Auf die Besprechung weiterer Einzelheiten können wir hier um so mehr verzichten, als dieselben in dem experimentellen Theile überall da Erörterung finden werden, wo die Untersuchung es nothwendig erscheinen lässt. Vielfache Angaben über die hier besprochenen und ähnliche Verhältnisse findet man in den Schriften von *A. Braun*[1]), *Wigand*[2]), *Hartig*[3]), und ganz besonders *Are-*

---

[1]) *A. Braun*, Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851. S. 49 ff.

[2]) *Wigand, A.*, der Baum. Braunschweig 1854.

[3]) *Hartig*, Naturgeschichte forstlicher Culturpflanzen.

schoug[1]), der ein reiches und vortrefflich beobachtetes Material zusammengestellt hat. Unter Hinweis auf die Arbeiten dieser Männer sei hier ferner noch an die Untersuchungen über Knospen unserer dicotylen Bäume und Sträucher erinnert, welche schon vor langer Zeit von *Ohlert*[2]) und *Henry*[3]) angestellt wurden, und die zu unserer Arbeit in mannigfacher Beziehung stehen.

Formen der Wurzeln. Auch im Verzweigungssystem der Wurzeln unserer Bäume haben wir verschiedene Formen zu unterscheiden, die bald mehr bald minder deutlich ausgebildet sind.

Betrachtet man ein jüngeres Verzweigungssystem, so fallen folgende Bildungen ins Auge: 1) Kräftige lange Wurzeln, die wir mit *Hartig*[4]) als „Triebwurzeln" unterscheiden wollen. Sie bilden alljährlich an ihrer Spitze die Fortsetzung des vorigjährigen Wuchses, und, wenn ähnliche kräftige Wurzeln seitlich an ihnen auftreten, so geschieht dies in der Regel an der Spitze unter dem Jahresabsatz. Sie entsprechen daher im Allgemeinen den Langzweigen in der Luft, und stellen analog jenen das Gerüst für das Verzweigungssystem der Wurzeln dar. 2) „Faser-" oder „Zaserwurzeln", die an den eben genannten seitlich entspringen, kürzer und meist zart bleiben und sich mannigfach verästeln. An ihnen endlich entstehen 3) die „Saugwurzeln", „Krautsprossen" *Hartig's*, kurze verhältnissmässig dicke, manchmal tonnenförmige Bildungen, die in der Regel nur ihres Gleichen erzeugen. In den typischen Fällen besitzen sie eine stark entwickelte Rinde von anfangs heller Farbe. Später, meistens wohl schon nach einer Vegetationsperiode, collabirt diese Rinde unter Bräunung. Nach einer älteren Anschauung entsprechen diese Wurzeln den Blättern an den Zweigen, und man glaubte, sie fielen gleich jenen alljährlich ab. *Hartig* zeigte jedoch später für die Pinus-Wurzeln, dass dies nicht

---

[1]) *F. C. Areschoug*, Beiträge zur Biologie der Holzgewächse. Aus „Lunds Universitäts Arsskrift" T. XII abgedruckt. Lund 1877.

[2]) *E. Ohlert*, einige Bemerkungen über die Knospen unserer Bäume und Sträucher. Linnaea 1837. S. 632.

[3]) *A. Henry*, Nova Acta A. L. C. N. C. T. XVIII. p. 1 und T. XIX, p. 1.

[4]) *Hartig*, Lehrbuch für Förster. 11. Aufl. Stuttgart 1877. 1. Bd. S. 157. Vergl. ferner *F. Resa*. Ueber die Periode der Wurzelbildung. Inaugural-Dissertation. Bonn 1877.

der Fall sei, und dass nur die Rinde derselben collabirt, während der innere Theil gesund bleibt und im nächsten Jahre nur Saugwurzeln hervorbringt. — Dieses Verhalten glaubte *Hartig* als ein allgemein vorkommendes bezeichnen zu können, allein er irrte hierin, wie *Resa*[1]) später hervorhob, nach welchem die kleinen Saugwurzeln von Aesculus in der That alljährlich im Herbste abgestossen werden.

Dass diese Wurzelformen ebensowenig wie die Zweigformen scharf von einander abgesetzt sind, versteht sich von selbst. Das ganze Wachsthum solcher Wurzelsysteme bedarf übrigens noch weitergehender Untersuchung.

Indem wir damit diese einleitenden Bemerkungen schliessen, fügen wir noch hinzu, dass auch im vorliegenden Bande die bekannten Ausdrücke Spitze oder Scheitel und Basis bald im morphologischen, d. h. im Sinne von *Mohl*, *Schleiden* u. A., bald im physiologischen Sinne (vergl. S. 21 im 1. Theile) gebraucht werden. Im einen wie im andern Falle stellen sie Bezeichnungen dar, welche lediglich dem Zwecke dienen, einen vorhandenen Sachverhalt zum Ausdruck zu bringen. Eine weitere Bedeutung haben sie für uns nicht. Wem sie nicht gefallen, der mag sie durch andere ersetzen. Hier werden sie nach wie vor gebraucht und zwar aus dem einfachen Grunde, weil sich keine passenderen und kürzeren finden wollten.

Oben und unten, Ober- und Unterseite, oberes und unteres Ende wenden wir im gewöhnlichen Sinne dieser Ausdrücke, d. h. in Beziehung auf den Erdradius an.

---

[1]) *Resa*, l. c. S. 22 ff.

Der polare Gegensatz am Complex von Pflanzentheilen.

Wir nehmen nunmehr den im ersten Theile der Arbeit unterbrochenen Gang der experimentellen Untersuchung wieder auf. Während dort fast ausschliesslich isolirte Zweig-, Wurzel- und Blattstücke behandelt wurden, gehen wir hier von den elementaren Formen des Complexes verschiedener Gebilde aus, und beginnen mit einem einfachen Versuch.

Es handelt sich zunächst um die Beantwortung der Frage: wie verhält sich der Complex morphologisch gleichnamiger Theile, der Complex von Wurzel- und Zweigstücken? Zu dem Ende wählt man, um mit dem letzteren zu beginnen, von den oft benutzten Weidenarten, Salix viminalis, pruinosa u. a. zweijährige Zweigstücke, welche in ihrem mittleren oder oberen Theile mit zwei oder drei wohlentwickelten einjährigen Seitenzweigen versehen sind. Da, wie in der Einleitung erwähnt wurde, der Zweig gewöhnlich, von dem vertrocknenden Ende abgesehen, am apicalen Theile Blüthenstände führt, so schneidet man bei Anwendung solcher Zweigsysteme diesen Theil am besten weg. Man hat dann einen Complex, welcher aus dem mütterlichen Träger und zwei oder drei an dessen Spitze stehenden, gleichaltrigen Tochterbildungen besteht. Neben diesen wählt man solche Fälle, in welchen das über den Seitenzweigen befindliche Stück des Mutterzweiges kräftig entwickelt und, wenigstens theilweise, mit primären Knospen besetzt ist. Nunmehr führt das System eine Hauptaxe, in dessen Mitte die Seitenzweige entspringen. — Unschwer lassen sich bei einigem Suchen für beide Formen des Systems solche Fälle finden, in denen die Mutterzweige ausser den ent-

wickelten Tochterzweigen ihrer ganzen Länge nach annähernd gleichmässig mit gesunden und entwickelungsfähigen primären oder secundären Knospen besetzt sind. Die Seitenzweige führen in allen Fällen nur primäre Knospen.

Derartige Objecte werden, nachdem sie Anfangs oder Mitte März vor dem Knospenaustrieb vom Strauche getrennt worden, der Höhe grosser Glashäfen oder -Cylinder entsprechend, so zugeschnitten, dass in den beiden Formen des Sprosssystems die Ansatzstellen der Seitenzweige sich etwa auf halber Höhe des ganzen Systems befinden; die Seitenzweige erhalten im einen Falle unter sich, im andern mit dem apicalen Ende des Mutterzweiges etwa gleiche Länge. So hergerichtet, hängt man die Objecte theils aufrecht, theils verkehrt in der im ersten Theile oft besprochenen Art in grossen Glasgefässen auf und entzieht diese dem Lichteinfluss.

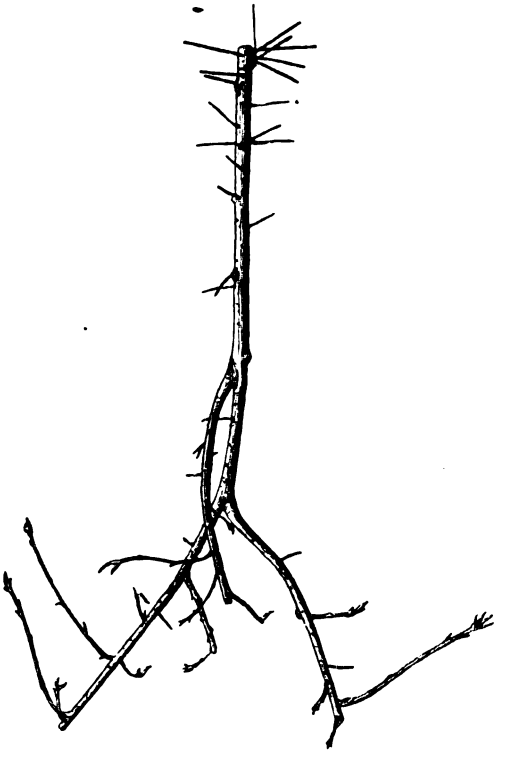


Fig. 3.

Das Resultat dieses Versuches gestaltet sich in einer Form, die mit Bestimmtheit vorauszusehen war. An allen vorhandenen Spitzen entwickeln sich die der Schnittfläche nächsten Knospen zu Trieben, in der einen Form des Zweigsystems nur an den Seitenzweigen, in der andern an der Spitze des Mutterzweiges und den der Tochterbildungen. Dagegen entstehen Wurzeln nur an dem basalen Ende des Mutterzweiges, das sich somit

physiologisch als gemeinsame Basis des ganzen Systems ergiebt. (Fig. 3.) Und zwar gestalten sich diese Verhältnisse im Wesentlichen in derselben Art, gleichviel, ob man das System aufrecht oder verkehrt hängt. Alle übrigen Knospen des Complexes, ausser den bezeichneten, und ebenso alle in der Rinde versteckten Wurzelanlagen ausser den basalen bleiben im Ruhezustande. — Aus diesen Thatsachen folgt, dass das ganze System als ein physiologisches Individuum auftritt, dass nicht der einzelne Zweig für sich, sondern der ganze Complex die Einheit darstellt. Die polaren Kräfte, welche den Gegensatz zwischen Spitze und Basis bedingen, äussern sich an allen Enden, die in dem System vorhanden sind.

Einen dem eben besprochenen analogen Versuch kann man nun auch mit einem Wurzelsystem ausführen. Wählt man von kräftigen Pappel- oder Ulmenwurzeln solche Stücke, welche mit wohl entwickelten Seitenwurzeln versehen sind, behandelt diese Complexe in einer der oben beschriebenen analogen Art, und hängt sie in Glasgefässen auf, so beobachtet man Folgendes. An der morphologischen Basis der Mutterwurzel entstehen aus dem dort gebildeten Callus die Knospen, und zwar meist in grosser Zahl; Wurzeln dagegen gehen aus so vielen Apical-Enden hervor, als man dem System gegeben hat[1]). Auch hier manifestirt sich der ganze Complex als Einheit.

Der Vollständigkeit halber mag hinzugefügt werden, dass Blätter, welche im isolirten Zustande leicht Wurzeln produciren, dies nicht thun, wenn sie mit dem tragenden Zweige in Verbindung gelassen, und nun selbst den für Wurzelbildung günstigsten äusseren Bedingungen ausgesetzt werden. Sie stellen jetzt nur Theile eines Complexes dar, der an seiner gemeinschaftlichen Basis Wurzeln erzeugt. (Man vergl. übrigens den ersten Theil S. 194.)

Wir gehen nunmehr um einen Schritt weiter, und untersuchen das Verhalten solcher Complexe, welche aus Stengel, Wurzel und

---

[1]) Solche Versuche gelingen nicht immer. (Vergl. die entsprechenden Abschnitte des ersten Theiles.) Leichter nimmt man die besprochenen Erscheinungen wahr, wenn man die apicalen Theile der Wurzelsysteme in mit Erde gefüllte Töpfe setzt und die freien basalen Enden mit Glasglocken bedeckt.

Blatt bestehen, wobei das letztere aber unberücksichtigt bleiben mag.

Als einfachste Fälle bieten sich die Keimpflanzen dar. Versuche mit solchen sind schon, wenn auch von andern Gesichtspunkten aus, von *van Tieghem* angestellt worden (Vergl. I, S. 103). Meine eignen Experimente ergaben Resultate, welche den von diesem Autor erhaltenen in allen wesentlichen Stücken gleichen.

Als Versuchsobject diente die Erbse, Pisum sativum L. Kräftige Samen einer grossfrüchtigen Varietät derselben wurden so in mit feuchten Sägespähnen oder mit feuchter Erde gefüllte Töpfe gelegt, dass die Hauptwurzel, wenn sie aus dem Samen hervortrat, grade nach unten gerichtet war. Nachdem die ersten Entwickelungsstadien der Keimlinge durchlaufen waren, wurden die Operationen ausgeführt. — Einem Theile der jungen Pflanzen wurden die Radicula und das hypocotyle Glied durch einen unmittelbar unter der Ansatzstelle der Cotyledonen geführten scharfen Schnitt genommen, und die verstümmelten Objecte dann so tief in die Sägespähne oder Erde gesenkt, dass die Cotyledonen nicht vollständig bedeckt waren. — Dem andern Theile der Keimlinge wurde das Stengelchen amputirt, und zwar derart, dass auch die in den Achseln der Cotyledonen befindlichen Sprossanlagen sammt dem darunter liegenden Gewebe entfernt waren. Die übrige Behandlung war wie bei den vorhin genannten Objecten.

Bei den ihrer Radicula beraubten Keimlingen stand das Wachsthum des Stengelchens zunächst still, oder wurde doch sehr verlangsamt. Bei ziemlich hoher Temperatur — die Versuche wurden in den Monaten Juni, Juli und August ausgeführt, — bildete sich sehr bald an der Schnittfläche ein Callus, der hin und wieder wulstig anschwoll, in andern Fällen dagegen nur eine dünne, die Schnittfläche bedeckende Gewebeschicht darstellte, die über dem Gefässkörper etwas vorragte. Aus diesem Callus entsprangen nun nach einigen Tagen Wurzeln, echte Neubildungen, bald in Einzahl, bald in Mehrzahl. Während dieselben im einen Falle die Gestalt normaler Wurzeln hatten, wichen sie im andern erheblich von diesen ab. (Fig. 4 links.) Nicht selten stellten sie dicke, massige, mit stumpfen Enden versehene Bildungen dar, deren Oberflächen mit kleinen Seitenwurzeln und Haaren dicht bedeckt waren. Gewöhnlich erzeugten sie später an ihren Spitzen zwei bis mehrere

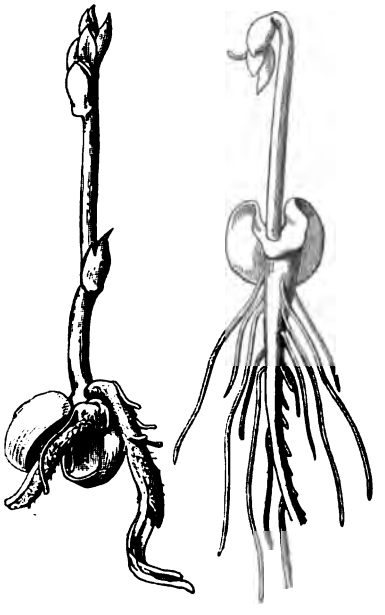


Fig. 4.

normale Wurzeln, welche jedoch manchmal noch auf kürzere oder längere Strecke mit einander verwachsen waren. Solch' ein stumpfes Gebilde stellte demnach eine Wurzelfasciation dar. — Ausser an den Schnittflächen producirten die Objecte in der Regel noch weitere Wurzeln über denselben, selbst bis zu beträchtlicher Höhe am Stengel hinauf, an Orten, wo sie normal bei der Keimpflanze der Erbse nicht vorkommen. Gewöhnlich bildeten sie sich an und unmittelbar über der Schnittfläche, doch kam auch, freilich selten, der Fall vor, in welchem die Schnittfläche frei von Wurzeln blieb, und diese nur über derselben entwickelt wurden. Entstanden die Seitenwurzeln in einiger Entfernung von der Schnittfläche, so hatten sie, soweit ich gesehen, immer die Gestalt normaler Seitenwurzeln; unter denjenigen dagegen, welche in unmittelbarer Nähe derselben erzeugt wurden, fanden sich hin und wieder auch die oben beschriebenen Missbildungen. — Sobald die neugebildeten Wurzeln bis zu einiger Tiefe in das Substrat hinabgewachsen waren, begann das Stengelchen wieder eine kräftigere Entwickelung, und wuchs nun in normaler Weise.

Betrachten wir jetzt die Objecte, denen die Stengelchen genommen wurden. An ihnen entwickelten sich die Hauptwurzeln, wie es schien, normal weiter; sie erzeugten meist zahlreiche Nebenwurzeln. (Fig. 4 rechts.) Die Wundfläche bedeckte sich mit einer dünnen Callusplatte, welche gewöhnlich an den unter den einst vorhandenen Blattachseln gelegenen Orten von etwas grösserer Mächtigkeit war. Mit dieser Callusbildung hatte es an manchen Objecten sein Bewenden; zur Erzeugung von Sprossen kam es nicht. In andern Fällen dagegen entstanden Sprosse, und zwar

in Ein- oder Zweizahl an den eben bezeichneten, durch stärkere Callusentwickelung ausgezeichneten Orten. Nachdrücklich ist dabei hervorzuheben, dass dies echte Neubildungen und nicht etwa Ausbildungen versteckter Sprossanlagen waren. Wie schon oben angedeutet, wurde bei der Amputation des Stengelchens das Gewebe der Blattachseln so tief fortgeschnitten, als es nur irgend die Verbindung der Cotyledonen mit der Axe gestattete. Es sei übrigens an die im ersten Theile schon mehrfach hervorgehobene Thatsache erinnert, dass das Gewebe unter den Blattachseln stets in besonderem Grade befähigt ist, Adventiv-Sprosse zu erzeugen.

Was bei den eben beschriebenen Erscheinungen auffällt, ist die Verschiedenheit in der Schnelligkeit des Wachsthums, welche die auf die beiderlei Art amputirten Keimlinge zeigen. Nach der Entfernung der Wurzel entwickelt sich das Stengelchen so lange sehr wenig, bis neue Wurzeln erzeugt sind; die Bildung der letzteren geschieht schnell. — Ist dagegen das Stengelchen amputirt, so entwickelt sich die Wurzel kräftig weiter, während die Bildung eines neuen Stengels sehr langsam oder auch gar nicht erfolgt Vom Standpunkte der Ernährungs-Physiologie aus lassen sich diese Thatsachen ohne Weiteres begreifen. Das Stengelchen kann sich nicht eher normal entwickeln, bis ihm, selbst bei reichlich vorhandenen Reservestoffen, eine ausreichende Wasserzufuhr gesichert ist; es müssen daher die Bedingungen derart sein, dass bald Wurzeln erzeugt werden, wenn das Object nicht zu Grunde gehen soll. Die Wurzel dagegen kann sich bei in genügender Menge gebotenen Reservestoffen ausbilden, ohne dass dazu ein Stengel mit Blättern erforderlich wäre; daher geschieht die Bildung desselben erst später. — Ganz anders aber gestaltet sich die Sache, wenn man der Frage eine etwas abweichende Wendung giebt. Zweifellos ist man zu der Annahme berechtigt, dass der Impuls zur Ergänzung der entfernten Theile in den beiden Formen von verstümmelten Objecten durch die Amputation gleich schnell erfolgt. Warum tritt nun im einen Falle die Wirkung des Impulses so viel früher ein, als im andern? Warum erzeugt das Stengelchen trotz mangelhafter Ernährung so schnell Wurzeln, und warum die Wurzel trotz reichlicher Ernährung so langsam einen neuen Stengel? Auf diese Frage giebt die vorhin angestellte Erörterung keine Antwort.

Dass das isolirte und unter günstige äussere Bedingungen versetzte Keimblatt im Stande ist, an seiner Basis Wurzeln und Stengelchen zu erzeugen, wurde schon im ersten Theile erwähnt.

Ausser den eben besprochenen wurden noch weitere Versuche mit Keimpflanzen ausgeführt. Bei einer Anzahl wurde der Stengel, nachdem er einige Länge erreicht hatte, unter dem ersten Laubblatt durchschnitten. In diesem Falle entwickelten sich, und zwar sehr rasch, die bis dahin kaum sichtbaren Achselknospen der Cotyledonen; sie bildeten kräftige, nunmehr senkrecht nach oben gerichtete Triebe. — Anderen Keimpflanzen wurde das Stengelchen über dem ersten Laubblatt entfernt. Jetzt entwickelte sich die Achselknospe des letzteren und meistens auch die der Cotyledonen. Allein der erste Trieb erfuhr das stärkste Wachsthum, richtete sich senkrecht aufwärts, schob das mehr oder minder lange, über seinem Tragblatt befindliche Stück der Mutteraxe zur Seite, und trat nach einiger Zeit vollständig an die Stelle der letzteren. Die Achselsprosse der Cotyledonen dagegen entwickelten sich weniger energisch, als im vorhergehenden Falle, und hatten eine mehr geneigte Richtung.

Um die analogen Verhältnisse an der Wurzel zu studiren, wurde einer Anzahl von in raschem Wachsthum begriffenen Objecten die Spitze der Hauptwurzel auf kürzere oder längere Strecke genommen. Es ergab sich, dass in einzelnen Fällen eine, und zwar die der Schnittfläche nächste Seitenwurzel, ein bevorzugtes Wachsthum erfuhr, sich kräftig positiv geotropisch nach unten krümmte und die Hauptwurzel ersetzte. An anderen in der gleichen Weise behandelten Objecten vertheilte sich dagegen die Apicalwirkung auf zwei, drei oder selbst noch mehrere der der Schnittfläche nahen Seitenwurzeln; eine einzelne in der Entwickelung besonders bevorzugte liess sich nicht erkennen. — Diese Verschiedenheiten im Verhalten stehen offenbar im Zusammenhang mit der Stellung der Seitenwurzeln. Befinden sich in den Reihen, welche die letzteren an der Mutterwurzel bilden, zwei oder drei auf etwa gleicher Höhe, und haben sie gleiche Stärke, so ist nicht abzusehen, warum eine derselben den anderen im Wachsthum voraneilen sollte. Hat dagegen eine von ihnen einen Vorzug in Bezug auf Stellung oder die schon erreichte Entwickelungshöhe, so wird sich derselbe auch weiterhin geltend machen. — Uebrigens ist zu

bemerken, dass die Verhältnisse im Wurzelsystem der Erbse und anderer Arten schon darum verwickelter werden, weil normal die Seitenwurzeln ein rasches Wachsthum erfahren, und so das bekannte Wurzelsystem bilden, in welchem die ältesten Seitenglieder die am weitesten vorgeschrittenen sind. Durchschneidet man nun die Hauptaxe eines solchen Systems, so lässt sich nicht ohne Weiteres bestimmen, wie weit der Einfluss dieser Operation sich auf die seitlichen Tochterbildungen erstreckt. Versuche, um diese Frage zu entscheiden, wurden bisher nicht angestellt.

Die Thatsache, dass bei Entfernung der Spitze der Hauptwurzel die der Schnittfläche nächsten Seitenwurzeln sich stärker geotropisch abwärts krümmen, und die Hauptwurzel zu ersetzen suchen, hat schon *Sachs*[1]) festgestellt.

Fassen wir die an den Keimpflanzen gemachten Erfahrungen zusammen, so ergiebt sich Folgendes.

Wird das Stengelchen bis unter die ersten Seitensprossanlagen entfernt, so entstehen die Neubildungen auf der Schnittfläche; ihre Wachsthumsrichtung fällt von vornherein zusammen mit der Längsaxe des mütterlichen Trägers. — Amputirt man die Hauptwurzel möglichst vollständig, so entwickeln sich die sie ergänzenden Adventiv-Wurzeln bald direct aus der Schnittfläche, bald über derselben seitlich aus dem hypocotylen Gliede oder der Stengelbasis. Ihre Längsrichtung kann demnach von vornherein mit der der Mutteraxe zusammenfallen, oder mit dieser einen Winkel bilden. Welchen Ort die neuen Productionen aber auch einnehmen mögen, stets stellen sie der Anlage nach secundäre Bildungen dar; eine im strengen Sinne directe Reproduction der entfernten Axentheile findet nicht statt. Wohl aber kann eine solche Seitenbildung im Verlaufe der weiteren Entwickelung die amputirte Hauptaxe vollständig ergänzen. — Eine Regeneration im engeren Sinne geht bekanntlich nur dann vor sich, wenn der Vegetationspunkt einer Wurzel nur auf sehr kurze Strecke entfernt wird. — Schneidet man dagegen die Wurzel- oder Stengelspitze über bez. unter vorhandenen Anlagen zu Seitenbildungen fort, so entwickeln

---

[1]) *Sachs.* Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. — Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Bd. I, S. 622.

ch diese und suchen die entfernten Theile zu ergänzen; eine Erzeugung von Adventiv-Bildungen findet nun in der Regel nicht statt.

In allen bisher besprochenen Versuchen waren die Objecte dem normalen Einflusse der Schwerkraft ausgesetzt. Um über eine etwa mögliche Wirkung der letzteren Klarheit zu erlangen, wurden Keimlinge, denen die Wurzel und das hypocotyle Glied genommen war, in geeigneter Art am Klinostat in Drehung versetzt. Es ergab sich, dass die Reproductions-Erscheinungen der Hauptsache nach in einer Art verliefen, welche sich von der oben beschriebenen nicht unterscheiden liess, und dass sonach die Schwerkraft auf jene Vorgänge keinen irgendwie maassgebenden Einfluss austibte.

Wir verlassen damit das Studium der Keimpflanze, und wenden uns nunmehr zur Untersuchung älterer, verholzter Objecte. Junge, drei- bis fünfjährige, aus Samen erzogene Pflanzen von Acer Pseudo-Platanus L. wurden im Monat März vor dem Knospenaustrieb vorsichtig aus der Erde genommen, von allen anhängenden Erdtheilen befreit, und in folgender Art behandelt. Bei den einen Objecten wurden die apicalen Theile um mehrere Internodien verkürzt, die Schnitte jedoch so geführt, dass sich unter denselben bis zu einiger Entfernung eine Anzahl gesunder Achselknospen befand. Ebenso wurden die Hauptwurzeln, nachdem alle Seitenwurzeln bis zu ihrer Ursprungsstelle glatt entfernt waren, grösserer oder geringerer Entfernung von der Spitze durchschnitten — Im andern Falle wurden Pflanzen gewählt, deren Hauptaxe wohl in, als über der Erde mit kräftigen seitlichen Bildungen sehen war, und diese sowohl wie die Hauptaxen in der angegebenen Art verkürzt. — Im dritten Falle endlich blieb sämmtlichen Zweigenden unverletzt, ebenso alle stärkeren wurzeln; alle schwächeren Wurzeln dagegen wurden vo entfernt. — So hergerichtet wurden die Objecte in beka in grossen Glasgefässen und zwar derart aufgehängt, d eine Hälfte von den in verschiedener Art behandelte aufrechte, die andere verkehrte Lage erhielt, und nun dem Lichteinfluss möglichst vollständig entzogen.

Ergebniss dieser Versuche bestand, wie ni

erwarten, darin, dass an den Objecten der beiden ersten Versuchsformen die unter der Schnittfläche befindlichen, bis dahin ruhenden Apicalknospen der Hauptaxe oder der Hauptaxe und der Seitenzweige sich zu Trieben entwickelten, während an den Spitzen der Haupt- oder der Haupt- und Nebenwurzeln je ein Kranz von Adventiv-Wurzeln erzeugt wurde. Die letzteren entstanden unmittelbar in der Nähe der Schnittfläche aus der Rinde. Fig. 5 stellt einen einfachen derartigen Fall dar. — Und zwar war das Resultat des Versuches dasselbe, gleichviel ob den Objecten eine verkehrte oder aufrechte Lage gegeben wurde.

Fig. 5.

Waren dagegen die Spitzen der Wurzeln und Zweige intact gelassen, so entwickelten sich an den letzteren die Terminalknospen, während an den ersteren die primären Vegetationspunkte ihr Wachsthum fortsetzten. Die Seitenknospen an den Stammgebilden blieben nun meistens in Ruhe, und an den Wurzeln wurden keine adventiven Bildungen erzeugt. Die Axen setzten in diesem Falle direct ihr beim Schluss der letzten Vegetationsperiode unterbrochenes Längenwachsthum fort. Dass an den in verkehrter Lage befindlichen Objecten die neu erzeugten Wurzeln und Triebe geotropische Krümmungen beschrieben, braucht kaum noch erwähnt zu werden.

Könnten wir endlich anstatt der kleinen Ahornpflanzen ganze umfangreiche Bäume mit allen ihren Verzweigungen unter gleichförmige äussere Bedingungen bringen, so würden wir in allen Punkten die analogen Erscheinungen wahrnehmen, welche uns die jungen Bäumchen darbieten.

Fassen wir die bisher ausgeführten Versuche zusammen, so ergeben sich folgende Resultate.

Das Zweig- sowie das Wurzelsystem treten bezüglich des polaren inneren Gegensatzes als Einheiten auf. An dem ersteren entstehen an der Basis des Mutterzweiges Wurzeln; Triebe bilden sich an so vielen Spitzen, als im System vorhanden sind. — An der

Wurzel entstehen umgekehrt an allen Spitzen neue Wurzeln, Knospen an der gemeinschaftlichen Basis.

Wie das System von Zweigen und Wurzeln, so verhält sich auch der Complex von Stamm und Wurzel, oder ein System von Verzweigungen der beiderlei Gebilde. Jede Zweigspitze erzeugt das morphologisch Gleichartige, Triebe; jede Wurzelspitze das ihr Entsprechende, Wurzeln. Die innere Ursache, welche den polaren Gegensatz bedingt, äussert ihre Wirkung stets an den Enden des Complexes, nicht etwa an der Ansatzstelle des einzelnen Theiles. Das Ganze documentirt sich stets als eine physiologische Einheit.

Gehen wir von dem dicotylen Embryo aus, so zeigt sich an diesem der polare innere Gegensatz in seiner einfachsten Gestalt. Die innere Ursache wirkt hier an den beiden entgegengesetzten Enden, an den Vegetationspunkten der Plumula und der Radicula. Das Stengelchen entwickelt schon früh zwei seitliche Gebilde mit begrenztem Wachsthum, die Cotyledonen, welche meist Sprossanlagen in den Achseln führen. Beim weiteren Wachsthum erzeugen nun die beiden entgegengesetzten Axenenden Seitenbildungen, welche — von allen Adventiv-Sprossungen einstweilen abgesehen — bei aller Verschiedenheit in der Wachsthums-Energie und -Richtung im Wesentlichen doch die gleiche morphologische Natur bewahren, und die mütterlichen Bildungen bis zu einem gewissen Grade wiederholen. An der Wurzel entstehen die Tochtergebilde in einiger Entfernung von der Spitze. Am Stengel bildet der Vegetationspunkt zunächst Sprossungen mit begrenztem Wachsthum, die Blätter, und in den Achseln der letzteren entstehen bald unmittelbar am Vegetationspunkte, bald in einiger Entfernung von demselben neue Sprossanlagen. Die Seitensprosse aber verzweigen sich wieder, und so entsteht, von dem Vegetationspunkte der Plumula ausgehend, ein immer an Umfang zunehmendes, aufsteigendes Verzweigungssystem, das in so vielen Spitzen endigt, als Glieder im System vorhanden sind. Während dessen entwickelt sich von der Radicula aus ein zweites System, das die entgegengesetzte Richtung einschlägt, und ebenfalls so viele Scheitel besitzt, als Glieder erzeugt wurden.

Wenn die äusseren Bedingungen gleichmässig günstig sind, und im Organismus keine inneren störenden Momente auftreten, so entwickeln sich die beiden Verzweigungssysteme in harmonischer

Weise, derart, dass man sagen kann, jedem Theile im einen System entspreche ein Theil im andern. — Findet dagegen ein störender Eingriff in das System statt, wird z. B. durch einen Schnitt ein Theil entfernt, so sucht der Organismus diese Störung wieder auszugleichen; er erzeugt eine Ergänzung des verlorenen Theiles und zwar, wie wir gesehen, auf Grund innerer Ursachen an der Spitze des nach der Verwundung gebliebenen Theiles. Dieser Gegenstand bedarf aber noch weiterer, eingehender Verfolgung.

Versuche im Freien.

Aus den bisher besprochenen Versuchen folgt, dass und in welcher Weise die innere Ursache in dem System von Gliedern, aus welchem die Pflanze besteht, wirksam ist. Nachdem dies festgestellt worden, wenden wir uns nunmehr zu Experimenten, welche im Freien ausgeführt wurden, und die in mehr als einer Beziehung von den bisher besprochenen abweichen. War dort und in den entsprechenden Versuchen des ersten Theiles der Arbeit unter künstlich herbeigeführten Bedingungen ein genaues Studium der Wirkung der einzelnen Kräfte möglich, so ergab sich doch der Mangel, dass wegen der verhältnissmässig kurzen Dauer der Experimente der Einfluss der Kräfte während grösserer Perioden nicht beobachtet werden konnte. Anders bei den nun zu erörternden Versuchen. Hier ist das Ergebniss kein so reines, dafür aber die Versuchsdauer eine beliebig lange, und die Mannigfaltigkeit der sich darbietenden Erscheinungen eine ungleich grössere. Gelingt es hier auch nicht, die Wirkung der einzelnen Ursachen für sich zu studiren, so lassen sich doch unter Zuhülfenahme der früher gemachten Erfahrungen für die meisten Thatsachen die ursächlichen Momente feststellen.

Wir wollen die Reihe der Versuche damit beginnen, dass wir in ein möglichst einfaches System eingreifen. Ein solches bietet ein noch junger Baum dar, der keine Blüthen, sondern lediglich vegetative Bildungen erzeugt. Als Beispiel mag eine junge Pyramiden-Pappel dienen, deren Langzweige im Frühjahr an ihren Spitzen meistens eine ganze Schaar von Laubtrieben erzeugen; Anordnung, Grössenverhältnisse und Geotropismus der letzteren

folgen der allgemeinen Regel. Durchschneidet man im Frühjahr vor dem Knospenaustrieb einen derartigen kräftigen apicalen Langzweig auf beliebiger Höhe — nehmen wir an, es geschehe in der Mitte — so ergiebt sich, dass nun die der Schnittfläche nächsten Knospen sich zu Laubtrieben entwickeln, deren Stärke von der Spitze aus allmälig abnimmt, und die denen gleichen, welche an einem sonst ähnlichen, aber unverletzt gebliebenen Zweige in dessen apicaler Region entstehen. Dabei ist zu beachten, dass der höchst gelegene, stärkste Zweig sich der Richtung bemächtigt, welche der Terminaltrieb eingenommen haben würde, dass er diesen zu ersetzen sucht und im Laufe der Zeit wirklich ersetzt.

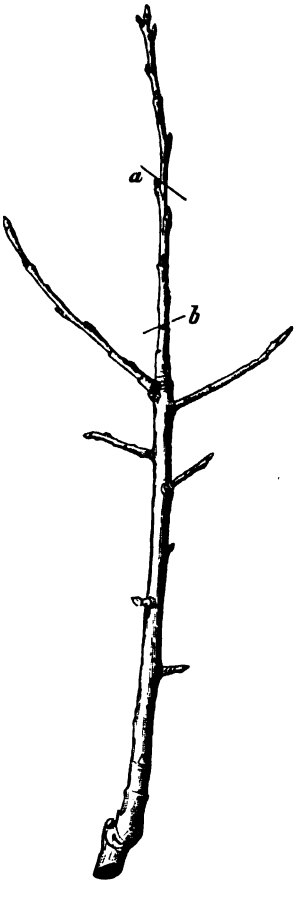


Fig. 6.

Es ergiebt sich sonach, dass Knospen, welche am unverletzten Zweige kein oder nur geringes Wachsthum erfahren haben würden, sich nunmehr zu langen Laubzweigen entwickeln. Die Knospen waren also vor dem Austrieb völlig indifferent; ihr ganzes Verhalten wird lediglich durch den Ort bestimmt, den sie am Zweige einnehmen. Die Bestimmung dieses Ortes selbst aber haben wir, wie der Versuch lehrt, gänzlich in unserer Gewalt, und können somit nach Belieben eine Knospe zu einem längeren oder kürzeren Laubspross sich entwickeln lassen.

Es soll nunmehr der eben besprochene Versuch wiederholt werden, aber an dem Verzweigungssystem eines Baumes mittleren Alters, der Sprossformen aller Art erzeugt. Wählen wir dazu als Beispiel den Birnbaum, dessen Sprossfolge in der Einleitung genau beschrieben wurde. Wie der Terminalzweig sich bei ungestörtem Wachsthum verhalten würde, folgt aus der Figur 6, welche zwei

Jahrgänge darstellt. Es werde nun dieser Zweig bei a durchschnitten. Dann entwickelt sich die unter der Schnittfläche befindliche Knospe zum kräftigsten Laubspross, die folgende zum zweitstärksten, die sich daran schliessenden zu intermediären Bildungen, und die noch tiefer gelegenen endlich zu echten Kurzzweigen. Wäre der obere Theil des Zweiges nicht entfernt worden, so würden die unter a befindlichen Knospen zu Kurztrieben ausgebildet worden, die an der Basis des Zweiges gelegenen gar nicht zur Entwickelung gelangt sein. Im Allgemeinen ergiebt sich also, dass die Wachsthumsvorgänge am Zweige um so viel nach unten verschoben werden, als die Länge des entfernten Zweigstückes beträgt.

Wird der Schnitt am Zweige in einer solchen Höhe geführt, dass unter demselben eine so grosse Zahl wohlentwickelter Knospen vorhanden ist, um daraus alle diejenigen Producte herzustellen, welche am unverletzten Zweige von der Spitze aus entstanden sein würden, so hat die Operation, soweit sich sehen lässt, auf das Wachsthum der unter dem Terminalzweige stehenden vorjährigen Seitensprosse keinen Einfluss. Anders gestaltet sich die Sache, wenn der Schnitt durch den basalen Theil des Zweiges geführt wird. Nehmen wir an, es geschehe bei b. Sind die unter der Schnittfläche stehenden Knospen von einiger, wenn auch nur mässiger, Entwickelung, so bilden sich aus ihnen kräftige, vielleicht die stärksten Laubsprosse. Sind dagegen jene Knospen schwach, oder die primären vielleicht gar nicht mehr vorhanden, dann entstehen an diesen Orten zunächst nur schwache Laubzweige, dafür aber entwickeln sich die apicalen Producte des ersten bez. zweiten Seitenzweiges um so energischer. Im Laufe der weiteren Entwickelung jedoch wird dieses Verhältniss in der Regel wieder zu Gunsten der aus dem Terminalzweige entspringenden Sprosse verändert, derart, dass einer derselben die dominirende Stellung im System behält, und die directe Fortsetzung der Axe darstellt.

Nachdem wir gesehen, wie ein terminaler Langspross die durch Amputation entfernten Theile ergänzt, wenden wir uns nun zum echten Kurzzweig. Schneidet man von einem solchen, so lange er noch jung und kräftig ist, die Terminalknospen fort, so entwickelt derselbe an dem bleibenden Theile eine oder selbst zwei neue Apicalknospen, welche später in Blüthenbildung übergehen

können. Diese Knospen selbst sind nicht etwa Adventiv-Bildungen, sondern stellen die weitere Entwickelung schon vorhandener, kleiner, manchmal kaum sichtbarer Achselsprosse dar, die unter anderen Umständen vorläufig noch in Ruhe geblieben wären. — Macht man die angegebene Operation dagegen an älteren und der Basis des mütterlichen Trägers nahen Kurzzweigen, so findet nicht selten gar keine Reproduction statt, und die Zweige sterben einfach ab.

Bis jetzt besprachen wir das Verhalten der extremen Formen, echter Lang- und Kurzzweige. Führt man nun den Versuch an den sie verbindenden Mittelbildungen aus, so ergiebt sich folgende allgemeine Regel. Je ähnlicher ein Zweig dem terminalen Langzweig ist, um so mehr gleicht er diesem in seinem Verhalten nach der Operation; und ferner, je mehr er einem Kurzzweige gleicht, um so mehr ähnelt er diesem in seinem Wachsthum nach dem Schnitt. — Diese Regel mit Beispielen zu belegen, erscheint nicht nothwendig, doch soll das Verhalten der häufig vorkommenden, etwa die Mitte zwischen den extremen Formen einnehmenden Zweigbildungen angedeutet werden. Diese sind, wie früher beschrieben, dünn, schlank, gerade, von mittlerer Länge und bilden mit der tragenden Axe einen weit geöffneten Winkel. Bei ungestörter Entwickelung des ganzen Systems erfährt ein solcher Zweig kein oder nur geringes Längenwachsthum mehr; seine Terminal- und häufig später auch eine grössere oder geringere Zahl der folgenden Knospen gehen in Blüthenbildung über. Nimmt man demselben nun ein nur kurzes Stück, so wird im Wachsthum meistens wenig geändert; die nunmehrige Apical- tritt an die Stelle der entfernten Terminalknospe, und verhält sich wie diese. Schneidet man dagegen einen solchen Zweig stärker zurück, so bringt das apicale Auge zunächst einen vegetativen Trieb hervor, der die Länge des entfernten Theiles erreichen oder auch überschreiten kann; und nun erst erfolgt die Bildung der Blüthenknospen. Ist der Zweig sehr kräftig, so können anstatt eines solchen Triebes auch zwei oder mehrere entstehen.

Soweit das Verhalten der einzelnen Zweigformen nach der Amputation. In den beschriebenen Fällen wurde dabei vorausgesetzt, dass neben den genannten keine irgendwie erheblichen Eingriffe in das System erfolgen.

Es wurde schon oben erwähnt, dass, wenn man den Terminalzweig bis auf ein sehr kurzes Stück entfernt, der Einfluss dieser Operation sich auf die Producte der unter dem terminalen befindlichen Seitenzweige erstrecke. Wir wollen diesen Gegenstand noch etwas weiter verfolgen und untersuchen, welche Wirkungen eintreten, wenn man nicht die Seitenzweige kürzt, sondern vielmehr ganze Theile der Mutteraxe mit ihren Seitenbildungen entfernt.

Schneidet man zunächst den apicalen Theil des Zweiges mit dem Terminaltriebe fort, so ergiebt sich, dass nun die aus dem oder den höchst gelegenen Seitenzweigen hervorgehenden Apicaltriebe eine erheblich stärkere Entwickelung erfahren, als es im ungestörten System der Fall gewesen sein würde. Diese Triebe wachsen nun mit grosser Energie aufwärts; sie sind es, die jetzt das System fortsetzen, und die verlorenen Theile ergänzen. — Vollzieht man die Amputation in tieferer, aber noch mit Langzweigen besetzter Region des Mutterzweiges, so bleiben die Verhältnisse im Wesentlichen die gleichen. Durchschneidet man den Zweig über den oben erwähnten dünnen, schlanken Mittelbildungen, so entwickeln sich auch an den Spitzen der letzteren häufig die kräftigsten Laubtriebe. Führt man die Operation endlich in der Region der echten Kurzzweige aus, dann ergeben sich verschiedene Verhältnisse. Es kann erstens vorkommen, dass aus den Spitzen der Kurzzweige verhältnissmässig kräftige Laubsprosse hervorgehen, welche sich mehr oder weniger energisch nach oben richten. Sodann aber können die sonst meist in Ruhe bleibenden, sehr kleinen Basalknospen der Kurzzweige, und zwar in der Regel nur die auf ihrer Oberseite gelegenen, in Thätigkeit übergehen und sich zu Laubtrieben entwickeln; oder es können auch die beiden Fälle nebeneinander vorkommen. Gewöhnlich wird man dabei bemerken, dass im einen wie im andern Falle die Producte im ersten Jahre keine bedeutende Entwickelung erfahren, dass später aber ihr Wachsthum energischer wird, bis endlich die durch den Schnitt verursachte Störung der Hauptsache nach wieder ausgeglichen ist. Uebrigens kommen hierbei noch Punkte in Betracht, die erst später dargelegt werden können.

Zu den zuletzt besprochenen Versuchen ist noch Folgendes zu bemerken. Werden echte Kurzzweige oder die dünnen schlanken

Mittelbildungen gezwungen, längere Laubzweige zu erzeugen, so sind diese, wie erwähnt, mehr oder weniger energisch negativ geotropisch nach oben gerichtet. Während im einen Falle der Unterschied zwischen der Richtung des Mutter- und Tochterzweiges wenig auffällt, springt er im andern in die Augen. Die auffallendsten diesbezüglichen Beispiele wurden bei Acer Negundo L. beobachtet. Die Zweigfolge ist hier derart, dass das Ende des vorigjährigen Langzweiges von einem gleichartigen Tochtertriebe eingenommen wird, auf den ein Paar minder langer Laubtriebe folgt. An dieses schliessen sich ein oder zwei Paare schwacher, kurzer Zweige, welche fast horizontal vom mütterlichen Träger abstehen. Manchmal folgen diese auch unmittelbar auf den Terminalspross. — Wird nun über denselben der Mutterzweig durchschnitten, so entwickeln sich aus ihren Spitzen negativ geotropische Langtriebe, welche mit ihrer Richtung nicht selten einen auffallend scharfen Winkel bilden. Später dagegen wird dieser Unterschied in der Regel wieder ausgeglichen; Mutter- und Tochterzweig erscheinen dann gleichmässig aufwärts gekrümmt. Es kommt auch vor, dass anfänglich der junge, aus der Spitze hervorgehende Zweig ein stärkeres Dickenwachsthum erfährt, als der ihn tragende Theil, ein Unterschied, der aber ebenfalls nicht von langer Dauer ist.

Es wäre nunmehr zu untersuchen, welche Folgen eintreten, wenn man in noch ältere Theile des Verzweigungssystems des Birnbaumes eingreift, wenn man drei- und vierjährige Partieen mit allen ihren Producten entfernt. Unter Vermeidung aller Einzelheiten sei hier das Verhalten derartig behandelter Objecte nur ganz allgemein besprochen. Wird der Schnitt über älteren Langzweigen geführt, so erfährt die jüngste, höchst gelegene Sprossgeneration der letzteren ein erhöhtes Wachsthum. Vollzieht man die Operation dagegen über älteren Kurzzweigen oder mit Kurzzweigen besetzten Mittelbildungen, so zeigen die apicalen Theile derselben überall die Neigung, Laubtriebe zu erzeugen, allein diese erfahren gewöhnlich keine bedeutende Entwickelung. Wohl aber gehen auch hier wieder, und zwar in gesteigertem Maasse, aus den kleinen versteckten Knospen, welche sich an den Basen der Kurzzweige finden, Sprosse hervor, deren Wachsthum zwar anfänglich langsam ist, die aber nach und nach erstarken, sich der Richtung der

entfernten Theile bemächtigen und diese im System vertreten. — Das gleiche Verhalten kann übrigens auch dann eintreten, wenn man den Schnitt über Langzweigen ausführt, deren Neigung eine beträchtliche ist. Auch in diesem Falle können aus beliebigen Knospen, welche die Basen der höchst gelegenen Zweige einnehmen, kräftige, nunmehr die Führung des Systems übernehmende, Triebe hervorgehen.

Soweit das Verhalten solcher älteren, verletzten Systeme. Die gemachten Angaben deuten dasselbe, wie erwähnt, nur ganz im Allgemeinen an; im Einzelnen zeigen sich mannigfache Verschiedenheiten. Häufig offenbart sich der Einfluss des Schnittes nicht in der Nähe desselben, sondern in, und zwar manchmal beträchtlich, tieferer Region. Wie weit sich die Folgen der Operation in Systemen des angegebenen Alters im einzelnen Falle erstrecken werden, lässt sich selten mit einiger Sicherheit angeben, und hängt stets von besonderen Umständen ab, welche theilweise später ihre Besprechung finden werden.

In der bisherigen Weise könnte man nun fortfahren und den Einfluss behandeln, welchen die Entfernung noch älterer Zweiggenerationen auf die übrig bleibenden Theile ausübt. Allein abgesehen davon, dass die hier auftretenden Schwierigkeiten sich immer mehr steigern, würden sich auch Wiederholungen ergeben, welche besser vermieden werden. Es soll daher das Verhalten solcher Complexe nur ganz allgemein angedeutet werden. Beim Durchschneiden älterer, aufrechter Zweige und Aeste hängt die Art der Reproduction des bleibenden Theiles wesentlich davon ab, ob unter der Schnittfläche kräftige, aufrechte Bildungen vorhanden sind, welche die verloren gegangenen Theile ersetzen können, oder ob solche fehlen. Im ersteren Falle ergiesst sich — es sei dieser Ausdruck erlaubt — die ganze reproducirende Thätigkeit auf jene Bildungen; diese erfahren dann ein, dem Umfang der entfernten Theile im Allgemeinen entsprechendes Wachsthum. Im andern Falle dagegen entstehen auf oder unter der Schnittfläche aus normal angelegten ruhenden oder aus Adventiv-Knospen neue Triebe, häufig in grosser Zahl, welche meist ein üppiges Wachsthum erfahren. Von ihnen gelangt je nach dem verfügbaren Raum eine grössere oder geringere Zahl zu weiterer Entwickelung und zur Bildung neuer ergänzender Zweigsysteme. — Derartige Vor-

kommnisse lassen sich in Anlagen und Hausgärten, in denen Bäume nicht selten stark zurückgeschnitten werden, unschwer beobachten.

Wird endlich die Amputation nicht an den Aesten, sondern am Stamme selbst vorgenommen, so zeigt der bleibende Theil ebenfalls ein verschiedenes Verhalten. Es können in der Cambialregion Adventiv-Sprosse entstehen, welche aber meist keine bedeutende Entwickelung erfahren. Oder es entspringen aus den oberen Wurzel- und den der Erdoberfläche nahen Stammtheilen zahlreiche üppige Triebe, der sogenannte Stockausschlag. Oder es können endlich die beiden Vorgänge neben einander stattfinden. — Das ganze Verhalten jedoch hängt von sehr verschiedenen Umständen ab, unter denen der specifische Charakter eine grosse Rolle spielt. So zeigen die Stümpfe der abgesägten Stämme mancher Arten gar keine Reproductionsfähigkeit, sondern gehen einfach zu Grunde.

Vergleicht man die ganze Reihe von Erscheinungen, welche nach Entfernung von verschieden alten und verschieden entwickelten Gliedern an den bleibenden Theilen des Systems auftreten, so ergiebt sich, dass, wie freilich nicht anders zu erwarten war, die durch die Amputation verursachten Störungen um so geringer sind, je jünger, und um so grösser, je älter und entwickelter die entfernten Theile waren. Die Ergänzung eines jugendlichen Gliedes geht leicht und rasch von Statten, während die Restauration eines älteren Theiles langsam verläuft, und oft mit grosser Schwierigkeit verbunden erscheint.

Unsre bisherigen Versuche bezogen sich auf Objecte, welche zwar verschiedene Sprossformen, jedoch keine Dornen führen. Es erübrigt nun noch, in aller Kürze einen Fall zu besprechen, welcher geeignet ist, die Beziehungen zwischen Laubsprossen und Dornen darzuthun. Wir wählen dazu den Schlehdorn, Prunus spinosa L.

Ein kräftiger Langspross dieser Pflanze bietet folgende Verhältnisse dar. Die Basis desselben nehmen einige Laubknospen ein, auf welche Blüthenknospen folgen. An diese schliessen sich kurze mit Dornen endigende, etwa horizontal von der aufrechten Axe abstehende Seitenzweige, deren Achselknospen ebenfalls Blüthenanlagen darstellen. Nach der Mitte der Axe hin werden diese Zweige allmälig länger, um sich nach der Spitze zu wieder

zu verkürzen. Ueber ihnen finden sich Blüthenknospen, welche bis an's Ende der Axe reichen, aber an der Spitze derselben einigen Laubknospen Platz machen.

Um nun einen Langspross an Stelle eines Dornes entstehen zu lassen, braucht man nur im Frühjahr einen im Wachsthum begriffenen Langtrieb auf geeigneter Höhe zu durchschneiden. Aus der oder den unter dem Schnitt gelegenen Knospen entwickeln sich nun Langsprosse, welche dem mütterlichen Träger gleichen und dessen unterbrochenes Wachsthum fortsetzen, während sie sich an der unverletzten Axe zu Dornen ausgebildet haben würden. Wir verwandeln somit die Anlage eines Dornes in die eines langen Laubsprosses.

Umgekehrt kann man auch durch Krümmen der Mutteraxe, oder durch Einschnitte in dieselbe an den Orten von Langsprossen Dornen entstehen lassen, ein Verfahren, das aber nach schon Gesagtem und noch zu Sagendem nicht genauer erörtert zu werden braucht.

Aehnliche Versuche mit gleichem Erfolge kann man auch an Crataegus-Arten und Lycium barbarum L. ausführen.

Regeneration der Wurzel. Nach der Untersuchung des Stammes und seiner Bildungen gelangen wir nunmehr zu den Parallel-Versuchen, welche am Wurzelsystem ausgeführt wurden. Ihrer Einfachheit halber können wir uns über dieselben jedoch ganz kurz fassen.

Entblösst man eine ein- oder mehrjährige, kräftige, verholzte Wurzel eines unsrer dicotylen Bäume von der sie bedeckenden Erdschicht, durchschneidet sie und bringt nun den bleibenden Theil wieder unter die früheren Bedingungen, so entsteht oberhalb der Schnittfläche oder auf derselben eine Anzahl von Adventiv-Wurzeln, welche das unterbrochene Wachsthum der Mutterwurzel fortsetzen. Auch hier ist es gewöhnlich eine oder sind es wenige dieser Neubildungen, welche die kräftigste Entwickelung erfahren, und das entfernte Stück direct ergänzen. In der Figur 3 auf Tafel III ist die Abbildung eines Verzweigungssystems von Acer Pseudo-Platanus L. gegeben, an welchem drei Amputationen vorgenommen waren. Von den entstandenen Neubildungen fallen die

mit a,a bezeichneten durch ihr voraneilendes Wachsthum in die Augen. — Wird eine solche junge Wurzel durchschnitten, so ersetzt sie die verlorenen Theile in analoger Weise, wie die Mutterwurzel; und ähnlich verhalten sich auch die feineren Faserwurzeln, wenn man an ihnen die fragliche Operation vollzieht.

Amputirt man ältere und stärkere Theile des Wurzelsystems, so geschieht die Ergänzung und das Wachsthum der bleibenden Theile im Allgemeinen in einer Art, die durchaus derjenigen entspricht, welche am Zweigsystem beobachtet wurde. Aus diesem Grunde erscheint ein näheres Eintreten auf die hier stattfindenden Verhältnisse nicht nothwendig.

Folgerungen aus dem bisher Untersuchten.

Im ersten Theile dieser Arbeit wurde dargelegt, dass jede wachsthumsfähige vegetative Zellengruppe am Pflanzenkörper durchaus indifferenter Natur ist, und dass der Modus ihrer weiteren Entwickelung von theils inneren, theils äusseren Bedingungen abhängt, welche in der Hand des Experimentators stehen. Der letztere konnte hiernach bestimmen, ob eine beliebige Gruppe von Cambialzellen an einem Pflanzentheile zur Grundlage einer Knospe oder Wurzel werden sollte. Es wurde ferner gezeigt, dass der Grad des weiteren Wachsthums einer schon differenzirten Anlage, ob sie sich entwickeln oder ruhen soll, von Umständen abhängt, deren Regelung in der Macht des Experimentators steht. — Diese Thatsachen nun erfahren durch unsre neuen Untersuchungen eine nicht unbeträchtliche Erweiterung.

Aus dem experimentell festgestellten Thatbestand ergiebt sich, dass die noch unentwickelte Knospen- und Wurzelanlage ein gänzlich indifferentes Gebilde ist, dessen weiteres Wachsthum lediglich von den Bedingungen abhängt, unter welche es gebracht wird. Ein und dieselbe Knospe kann sich zu einem längeren oder kürzeren Laub-, zu einem Blüthenzweig oder zu einem Dorn entwickeln, oder sie kann auch ruhen bleiben. Dieselbe Wurzelanlage kann zu einem kräftigen, einer Hauptwurzel gleichen, oder zu einem schwächeren Gebilde, einer Seitenwurzel, heran-

wachsen. — Die Bedingungen aber, welche den Modus der Entwickelung eines Gebildes bestimmen, hat, wie wir gesehen haben und noch weiter sehen werden, der Experimentator gänzlich in seiner Hand[1]). — So löst sich experimentell das Problem der Spross- und Wurzel-Metamorphose.

Die Thatsachen, welche oben mitgetheilt wurden, und die ich zum ersten Male wissenschaftlich verwerthet habe, sind, soweit es die Hauptsache betrifft, den Obstbaumzüchtern seit langer Zeit bekannt, ja auf ihrer richtigen Würdigung beruht in erster Linie die Lehre vom Obstbaumschnitt. Die Form eines Baumes, sein lockeres oder gedrungenes Wachsthum, hängen zum grossen Theile davon ab, wie lang die Jahrestriebe und wie weit die Spitzen der aufeinander folgenden Jahresabsätze von einander entfernt sind. Den Abstand der letzteren zu bestimmen, liegt aber gänzlich in der Hand des Züchters. Er kürzt im Frühjahr oder Herbst je nach Ermessen den letzten Langtrieb, und nähert dadurch die Jahresabsätze nach Belieben. Er greift in die Form des Baumes ein und modelt sie nach seinem Wunsch. Er macht ein von Natur lockeres Wachsthum zu einem gedrungenen; in seiner Hand wird der Baum zu einer gewisser Maassen plastischen Masse, die er formt, wie es seinen Zwecken gerade entspricht. — Da es bei aller Formbildung eines Baumes hauptsächlich auf die Richtung der Hauptäste bez. Zweige ankommt, so handelt es sich beim Schnitt desselben immer um die Frage, welche Knospe die Fortsetzung der zugehörigen Axe übernehmen soll. Je nach Ermessen wird nun die letztere über einem Auge glatt durchschnitten. Der Züchter rechnet hierbei darauf, dass dann diese Knospe den Haupttrieb, den „Leitzweig" liefern wird, und sieht sich unter normalen Verhältnissen in dieser Voraussetzung selten getäuscht. — Hierüber später das Weitere.

---

[1]) Im Jahre 1877 veröffentlichte ich diese Thatsachen zum ersten Male in Bd. XV. von Pflüger's Archiv. Dass die bezüglich der Zelle und der Knospe gewonnenen Erfahrungen auch für das Blatt Geltung haben, war für mich selbstverständlich, und wurde durch einige einleitende Versuche alsbald festgestellt. Bevor ich jedoch zum Abschluss der Arbeit gelangte, erschien 1880 in der botanischen Zeitung eine Arbeit von *Goebel*, welche denselben Gegenstand in vortrefflicher Weise behandelte und die Mittheilung meiner eigenen Arbeit überflüssig machte.

Aber auch die Physiologen hat, wenngleich nicht das ganze, so doch der Theil des Problems, dass an der Spitze eines Zweiges die kräftigsten Triebe entstehen, und dass bei Verletzungen die Regeneration ebenfalls an der Spitze stattfindet, in alter und neuer Zeit vielfach beschäftigt. Schon *Malpighi* [1]) erwähnt jener Thatsachen; ihm ist auch bekannt, dass die Rosenzüchter abgeblühte Blumen entfernen, um dadurch die unter ihnen befindlichen Knospen zur Bildung neuer Triebe mit Blüthen zu veranlassen. — Seit jener Zeit kehren ähnliche Angaben, den Thatbestand bald mehr, bald minder richtig beschreibend, in der Literatur so häufig wieder, dass an diesem Orte der bloss summarische Hinweis darauf genügen mag.

Wir gelangen nun zu den Ursachen, welche die fraglichen Erscheinungen hervorrufen. In der älteren Literatur werden die letzteren gewöhnlich der Thätigkeit des aufsteigenden Saftes zugeschrieben, eine Bezeichnung, die jedoch eine verschiedene Bedeutung hat. Bald versteht man darunter lediglich den rohen, von der Wurzel aufgenommenen Saft, so bei *Hales*, *Mustel* u. A. Bald sind es specifische, d. h. specifische Wurzel- oder Sprosskeime enthaltende Säfte, welche die Entstehung der beiderlei Bildungen an den Enden bedingen; so bei *Sénébier* und bei *Duhamel*, der sich jedoch hier wie in anderen Fällen nicht mit der nöthigen Bestimmtheit äussert.

Während die genannten und andere Autoren den Sitz der saftbewegenden Ursachen gänzlich oder theilweise im Innern des Pflanzenkörpers suchen, glaubte *de Candolle* [2]) ihn ausserhalb desselben verlegen zu müssen. Er betrachtete die Wärme als das bewegende Moment, und stützte diese Ansicht auf ein Experiment, das schon seit dem vorigen Jahrhundert bekannt war. Wird eine im Freien gepflanzte Weinrebe mit ihrem oberen Theile im Winter in ein Warmhaus geleitet, so entwickeln sich an der, in der Wärme befindlichen Partie Triebe, während der im Freien bleibende Theil im Ruhezustande verharrt. Wie hier die Wärme die oberen Knospen zur Entwickelung veranlasst, so könnte auch, meint

---

[1]) *M. Malpighi.* Opera omnia. Londini, 1686. Anatome Plantarum. p. 30.

[2]) *A. P. de Candolle.* Premier Mémoire sur les lenticelles des arbres etc. T. VII. Paris 1826. p. 15 u. 16.

de Candolle, die der Erde zuströmende steigende Wärme im Frühjahr die höchst gelegenen Knospen an den Zweigen unsrer Bäume und Sträucher in noch unbekannter Weise befähigen, den Saft von unten her in verstärktem Maasse an sich zu ziehen.

In neuerer Zeit endlich war es *Hofmeister*[1]), der die uns hier beschäftigenden Erscheinungen nebst vielen anderen auf den Einfluss der Schwerkraft zurückzuführen suchte. Sowohl das normal bevorzugte Wachsthum der Terminaltriebe, als die gesteigerte Entwickelung der Apicalknospen nach Entfernung von Zweigstücken, wie die Aufrichtung von Seitenzweigen an Coniferen nach Verletzung des Wipfels, betrachtet er als eine Wirkung derselben Kraft, welche das Wachsthum der Hauptaxe in der Richtung des Erdradius bedingt.

Aus unsern Untersuchungen ergiebt sich jedoch, dass bei allen diesen Vorgängen ein innerer Factor in Frage kommt, der von maassgebender Bedeutung ist. An normal gebauten Wurzeln und Zweigen findet nach Verletzungen die Regeneration an den Spitzen statt: diese Thatsache ist eine Wirkung innerer Bedingungen. Dass und inwieweit dabei auch äussere Kräfte, besonders die Schwerkraft, von Einfluss sind, ist schon im ersten Theile gezeigt worden und wird alsbald noch weiter behandelt werden.

Es folgt weiter aus unsern Untersuchungen, dass die gleichen Ursachen, welche das Wachsthum normaler unverletzter Pflanzentheile bedingen, auch die Regeneration verletzter Objecte herbeiführen. Der Umstand, dass am unverletzten Zweige die Terminal-, am verletzten die unter dem Schnitt gelegene Apicalknospe den Haupttrieb liefert, ist die Wirkung ein und derselben Ursache. Normales Wachsthum und Regeneration sind bezüglich der dabei wirkenden Kräfte nicht von einander zu trennen. Es sei hier daran erinnert, dass auch die Natur häufig Amputationen vollzieht; so stösst sie an den Linden- und Ulmenzweigen die Terminalknospe ab, und ersetzt dieselbe durch das folgende Auge. In andern Fällen amputirt sie sogar ganze Complexe, wie Blüthenstände u. s. w.

---

[1]) *W. Hofmeister*. Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868. S. 623.

Wachsthum geneigter und gekrümmter Langzweige.

Im ersten Theile unsrer Arbeit wurde gezeigt, dass an abgeschnittenen Langzweigen, wenn sie in horizontale oder geneigte Lage gebracht werden, die Knospen sich an der Spitze ringsum und ausserdem auf der Oberseite in grösserer oder geringerer Entfernung von der Spitze entwickeln, während Wurzeln an der Basis ringsum und ausserdem von der letzteren aus auf der Unterseite entstehen. Es wurde ferner experimentell der Nachweis geführt, dass diese Erscheinung auf einer combinirten Wirkung der bekannten innern Ursache und der Schwerkraft beruht. — Wir wollen nunmehr die bezüglichen Verhältnisse an Zweigen studiren, welche sich im System, am Baum oder Strauch befinden.

Im Nachfolgenden wird zunächst der einzelne Zweig für sich, ohne Beziehung zu Nachbarzweigen behandelt.

Im Frühjahr vor dem Knospenaustrieb wurden kräftige, annähernd senkrecht gewachsene vorigjährige Langzweige verschiedener Weidenarten ihrer schwachen apicalen Theile bis zu den höchsten normal entwickelten Laubknospen beraubt, und dann in verschiedener Lage, theils vertical-aufrecht, theils horizontal, theils zwischen beiden Stellungen unter verschiedener Neigung befestigt. Hierbei wurde genau darauf geachtet, dass die Zweige keine Krümmungen beschrieben, abgesehen von denjenigen, welche bei stärkerer Neigung der Zweige an deren Ansatzstellen nicht zu vermeiden waren. An diesen Krümmungen wurden dann die dort vorhandenen Knospen sorgfältig entfernt. Durch Beseitigung aller benachbarten Theile wurde den Zweigen eine möglichst freie Lage gegeben.

Die so behandelten Objecte verhielten sich bezüglich der Ausbildung ihrer Knospen genau so, wie abgeschnittene und ebenfalls in verschiedenen Lagen angebrachte Zweigstücke. An den vertical-aufrecht gerichteten Zweigen entwickelten sich die Knospen bis zu mehr oder minder grosser Entfernung von der Schnittfläche; die Länge und Stärke der erzeugten Sprosse nahm von der Spitze aus allmälig ab. Diesen Zweigen glichen die in geneigter Stellung befestigten hinsichtlich ihrer Producte um so mehr, je weniger ihre Richtung von der verticalen abwich. Mit zunehmender Grösse des Neigungswinkels dagegen änderten sich die Verhältnisse; es entwickelten sich die Knospen an der Spitze ringsum, weiterhin aber vorwiegend auf der Oberseite. Dieses Verhalten wurde um so ausgesprochener, je mehr sich die Lage des Zweiges der Horizontalen näherte. In dieser endlich bildeten sich die Knospen an der Spitze zwar noch ringsum, ausserdem aber fast nur noch auf der oberen Längshälfte des Zweiges bis zu verschieden weiter Entfernung vom Scheitel aus. Die Augen der Unterseite ausser den apicalen blieben entweder sämmtlich ruhend, oder entwickelten sich doch nur sehr vereinzelt.

Nun wurden Zweige in eine abwärts geneigte Lage gebracht und zwar wieder unter wechselnder Neigung zwischen der horizontalen und verticalen Richtung. Die Ausführung des Experimentes gestaltete sich jedoch um so schwieriger, je grösser die Neigung des Zweiges werden sollte. Es stellte sich die Nothwendigkeit heraus, entweder das basale Stück des Zweiges bogenförmig abwärts zu krümmen, — und dann traten Verhältnisse ein, die erst im Folgenden ihre Besprechung finden werden —; oder den mütterlichen Träger so in einer geneigten Lage zu befestigen, dass der Tochterzweig unter Vermeidung jeder Krümmung in die gewünschte Stellung gelangte. Dieses Verfahren erhielt den Vorzug; bei Anwendung des ersteren wurden, wie im früheren Falle, mehrfach die Knospen des gekrümmten Theiles entfernt.

Das Ergebniss dieser Versuche lautet, allgemein genommen, folgender Maassen. Je näher der Zweig in seiner Lage der Horizontallinie kam, um so weniger wich er in seinem Verhalten von den horizontal gelegten Zweigen ab; je weiter er sich von derselben entfernte, um so abweichender gestalteten sich die Verhältnisse bezüglich der Knospenentwickelung. An den mit mög-

lichst gleichmässig ausgebildeten Knospen besetzten Zweigen hörte die Bevorzugung der Oberseite um so mehr auf, je näher ihre Lage der vertical-verkehrten kam. Die in letzterer Lage endlich befestigten Zweige liessen zunächst ihre Knospen an der Spitze ringsum, ausserdem aber weitere auf ihren mittleren Partien und selbst in der basalen Region zur Entwickelung gelangen. Und zwar geschah dies ohne Bevorzugung einer Längsseite am Zweige.

Alles bisher Gesagte bezog sich auf die ersten Stadien der Knospenausbildung. Betrachten wir nun die weitere Entwickelung der Triebe in der ersten Vegetationsperiode. An den vertical-aufrecht befestigten Zweigen bildet sich unter sonst normalen Verhältnissen das apicale Auge zum stärksten Triebe aus, dem eine grössere oder geringere Anzahl weiterer Sprosse mit abnehmender Stärke folgt. Die ersten und alle weiteren Entwickelungsstadien stimmen hier also überein. — An den in geneigter Lage angebrachten Zweigen bleiben die Verhältnisse den vorigen ähnlich, so lange die Neigung eine nur geringe ist. Wird diese aber erheblicher, so erfahren die Triebe der Oberseite ein bevorzugtes Wachsthum, so zwar, dass ihre Länge von der Spitze aus allmälig abnimmt. Der Apicalspross ist in der Regel auch dann der kräftigste, wenn er der Unterseite entspringt. Die geringere Zahl schwächerer Triebe auf der Unterseite zeigt im Allgemeinen eine analoge Grössenabnahme, wie die der Oberseite. — An den in horizontaler Lage befestigten Zweigen endlich tritt eine bedeutende Bevorzugung der Triebe auf der Oberseite ein. Es kann zwar der Apicalspross, auch wenn er der Unterseite entspringt, längere Zeit dominiren; in der Regel aber wird er im Laufe der Entwickelung von den nächsten Trieben der Oberseite überflügelt. Auf der letzteren nimmt im einen Falle die Länge und Stärke der Sprosse von der Spitze nach der Basis hin allmälig ab; im andern, und zwar nicht seltenen, Falle eilt ein dem mittleren oder basalen Theile des Zweiges entspringender Trieb allen übrigen im Wachsthum voran. — Gegenüber den Zweigen der Oberseite sind nun die der Unterseite entschieden im Nachtheil. Zwar wächst hin und wieder ausser der apicalen Knospe, wenn diese die Unterseite einnimmt, noch das eine oder andere Auge in der Nähe der Spitze zu einem längeren Triebe heran, allein gewöhnlich bleiben die Sprosse der Unterseite in der Entwickelung beträchtlich zurück.

Sie erreichen nur geringe Länge, erfahren nur schwache oder gar keine Holzbildung, und werden meistens im Herbst abgeworfen.

Wenn sonach bei den bis jetzt besprochenen Zweiglagen die spätere Ausbildung der Triebe in der ersten Vegetationsperiode im Allgemeinen den früheren Entwickelungsstadien entspricht, die anfänglich bevorzugten Orte des Wachsthums diesen Vorzug auch fernerhin bewahren: so treten bei den nun zu erörternden andere Verhältnisse auf. An den in abwärts geneigter Lage angebrachten Zweigen ist zwischen den ersten und späteren Wachsthumsstadien wohl zu unterscheiden; beide stimmen gewöhnlich nicht miteinander überein. — So lange der Zweig nur schwach abwärts geneigt ist, entwickeln sich die Triebe in einer Art, die nur wenig von der horizontal gelegter Zweige abweicht. Wird die Neigung dagegen eine stärkere, so beobachtet man, dass in der Regel Sprosse, welche der Basis nahe stehen, im Wachsthum immer mehr voraneilen, bis sie schliesslich die höchst entwickelten Producte des Mutterzweiges darstellen. Dass diese Triebe, wenn der letztere eine geneigte Stellung hat, die Oberseite einnehmen, bedarf kaum noch besonderer Erwähnung.

So das Wachsthum solcher in abnorme Lage gebrachter Zweige. Das angegebene Verhalten ist jedoch keineswegs allgemein. Es kommen auch Objecte vor, welche lediglich Triebe an der Spitze und in geringer Entfernung von dieser bilden. Wohl aber gilt für die Weiden fast ausnahmslos, dass alle apicalen und meistens auch die basalen Triebe solcher Zweige, verglichen mit in normaler, aufrechter Stellung befindlichen, eine relativ schwache Entwickelung erfahren, Verhältnisse, auf die wir später zurückkommen werden.

Neben den eben beschriebenen wurden andere Versuche in der Art angestellt, dass die Zweige erst dann in geneigte oder horizontale Lage gebracht wurden, wenn schon die Knospen ihre Hüllen durchbrochen und sich zu kurzen Trieben entwickelt hatten. Auch jetzt trat regelmässig eine dem Grade der Neigung entsprechende Bevorzugung der Oberseite ein. Die ihr angehörenden Triebe erfuhren ein stärkeres Wachsthum, und es bildeten sich nachträglich auf derselben noch bis dahin ruhende Knospen zu Sprossen aus. Die Triebe der Unterseite dagegen blieben in der

Entwickelung zurück, ja nicht selten gingen einzelne von ihnen, zumal die von der Spitze weiter entfernten, nachträglich zu Grunde.

Endlich wurde noch folgendes Experiment ausgeführt. Nachdem die Zweige längere Zeit, von März bis Mitte Juni, in stark geneigter Stellung zugebracht hatten, und die entsprechenden Wachsthumsverhältnisse auf ihren Oberseiten eingetreten waren, wurde ihre Lage so verändert, dass sie zwar die gleiche Neigung zum Erdradius behielten, die frühere Oberseite aber mit ihren Producten nunmehr zur Unterseite wurde. Es stellte sich heraus, dass auch jetzt noch vereinzelte Knospen auf den nunmehrigen Oberseiten zur Entwickelung gelangten, doch behielten die Triebe der jetzigen Unterseite in der ganzen Vegetationsperiode meistens einen Vorzug. Im nächsten Jahre dagegen änderten sich die Verhältnisse. Die Sprosse der Oberseiten erfuhren ein rasches Wachsthum, während die der Unterseiten mehr und mehr zurückblieben. Die auf diesen vorhandenen Triebe bewahrten jedoch ihre Entwickelungsfähigkeit um so länger, je bedeutender der Umfang war, den sie in der einst günstigen Lage erlangt hatten.

Aus diesen Versuchen, mit denen man die analogen im ersten Theile unserer Arbeit vergleichen wolle, folgt, dass die Kraft, welche die Begünstigung der Oberseite bewirkt, keine dauernde Veränderung, etwa eine Dorsiventralität, im Zweige hervorruft, sondern dass die verschiedenen Seiten desselben ihre Empfindlichkeit gegen den Einfluss jener Ursache bewahren. Die sichtbare Wirkung der letzteren äussert sich stets nur an der Oberseite des Zweiges. Ob eine Nachwirkung vorhanden ist, und wie lange dieselbe etwa dauert, wurde nicht festgestellt.

Alles bisher Gesagte bezog sich auf Weidenzweige. Führen wir nun die gleichen Experimente mit den Zweigen des Birnbaumes aus, so ergeben sich die gleichen Verhältnisse, doch treten einige Umstände hinzu, welche an jenen nicht zu beobachten waren. Das geringere Wachsthum der Triebe auf der Unterseite der geneigten Zweige führt zur Bildung von Kurzzweigen bez. Blüthen und Früchten. Während auf der Oberseite die Region der Langzweige nach der Basis hin vorrückt, dehnt sich auf der Unterseite die der Kurzzweige nach der Spitze hin aus. Ferner behalten hier die Bildungen der Unterseite länger ihre Wachsthumsfähigkeit, als es bei den Weidenarten der Fall ist.

Indem wir damit die geneigten, geraden Zweige verlassen, verweisen wir bezüglich der Anwendung derartiger Neigungen zu praktischen Zwecken auf einen späteren Abschnitt.

Wir gelangen nunmehr zur Besprechung einer Reihe von Versuchen, die sich von den bisher angestellten dadurch unterscheiden, dass die ursprünglich in vertical-aufrechter Richtung gewachsenen Zweige nicht in gerader, sondern in gekrümmter Linie befestigt werden.

Es sind dabei zwei Fälle zu unterscheiden. Im einen bildet der Zweig einen nach oben convexen, im andern einen nach oben concaven Bogen. Von diesen soll hier nur der erstere Fall erörtert werden, da das Ergebniss des zweiten ohne Weiteres aus demselben folgt.

Zu Versuchsobjecten dienten sehr verschiedene Pflanzen, unter denen Salix-Arten, die Birne, und eine Crataegus-Art obenan standen. Unter diesen liefern die erstgenannten ihres raschen Wachsthums halber ein schnelles und in der Hauptsache typisches Ergebniss. Die mit ihnen angestellten Experimente mögen daher vorangestellt werden.

Kräftige Langzweige von Salix nigricans Fr., viminalis L. und anderen Arten wurden zu Anfang März ihrer schwachen Apicaltheile beraubt, in mehr oder minder weitem Bogen gekrümmt, und in dieser Lage befestigt. Die Ausführung der Krümmung geschah in verschiedener Art. Im einen Falle wurde nur der mittlere Theil des Zweiges gekrümmt; ein längeres basales und ebenso ein apicales Stück blieben gerade. Die Befestigung fand in der Art statt, dass das erstere senkrecht nach oben, das letztere vertical nach unten gerichtet war. — Im andern Falle wurde die Beugung so ausgeführt, dass der Zweig seiner ganzen Länge nach einen weiten, ziemlich gleichförmig verlaufenden Bogen darstellte; und dem letzteren eine solche Lage gegeben, dass die Apicalknospe sich über oder höchstens auf dem Niveau der Ansatzstelle des Zweiges befand. — Die dritte Form des Versuches bestand darin, dass der gekrümmte Theil des Zweiges bis zu verschiedener, selbst einer solchen Tiefe unter jenes Niveau herabgezogen wurde, dass die Ansatzstelle und ein kurzes basales Stück die höchst gelegenen Punkte des Zweiges waren. — Endlich viertens wurden die Ob-

MEESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

jecte vollständig kreisförmig gekrümmt und so befestigt, dass die Apicalknospen wieder die höchst gelegenen Orte an den Zweigen einnahmen.

Die Ergebnisse dieser Versuche waren folgende.

An den Zweigen der erstgenannten Art mit geradem basalem und apicalem Theile öffneten sich zunächst die Knospen an der Spitze, bald nach ihnen aber, oder auch gleichzeitig mit ihnen, diejenigen Augen, welche der Krümmung, und zwar besonders deren Oberseite angehörten, und ferner an dem geraden basalen Theile die höchst, d. h. die unmittelbar unter der Krümmung gelegenen. Manchmal bildeten sich an dem abwärts gerichteten, apicalen Theile ausser den Endknospen noch weitere höher gelegene Augen aus; in anderen Fällen blieben alle zwischen jenen und der Krümmung befindlichen im Ruhezustande. — Im Verlaufe der weiteren Entwickelung erfuhren nun diejenigen Triebe den stärksten Nahrungszufluss, welche an dem basalen aufrechten Zweigtheile gleich unter der Krümmung standen. Ihnen folgten in der Energie des Wachsthums die Sprosse auf der Oberseite der letzteren, jedoch derart, dass die Länge und Stärke derselben an dem abwärts, nach der Spitze des Zweiges gerichteten Theile des Bogens von dessen höchstem Punkte aus wechselnd rasch abnahm. — Die Triebe der Spitze wuchsen anfänglich ebenfalls mehr oder minder schnell, und krümmten sich dabei bogenförmig aufwärts; in der Regel aber erlosch ihr Wachsthum bald, oder sie erfuhren fernerhin eine nur sehr langsame Entwickelung. Etwa das Gleiche galt von den Trieben des geraden Theiles über der Spitze, nur wuchsen sie noch träger, als die apicalen.

Beim Schluss der Vegetationsperiode waren es die Triebe an dem basalen, geraden Theile gleich unterhalb der Krümmung, welche weitaus die stärkste Ausbildung erfahren hatten. Wiederholt kam es hierbei vor, dass das an dem senkrechten Theile höchst gelegene Auge zum längsten und kräftigsten Triebe entwickelt war, welcher jetzt mit dem Basalstücke des Mutterzweiges eine fast verticale Linie bildete, und die gerade Fortsetzung desselben darstellte. Unterhalb dieses Sprosses fanden sich stets, und zwar ringsum am Zweige, noch einige weitere Laubtriebe, deren Länge allmälig abnahm. — In andern Fällen entsprang der stärkste Spross aus der Oberseite der Krümmung des Mutterzweiges, jedoch fast

stets an dem basalen, nur wenig gekrümmten Theile des Bogens. Gewöhnlich nahm auf der Oberseite des letzteren die Länge und Stärke der Triebe von dem vertical-aufrechten Theile des Zweiges aus rasch ab. — Die Ernährung der kurzen Sprosse an dem abwärts gerichteten Theile der Krümmung, sowie an dem apicalen, geraden Stück war schon im Spätsommer eine unzureichende; das Laub derselben wurde gelb und fiel früh ab. — Später gingen an einigen Objecten die abwärts gerichteten Theile mit allen ihren Producten zu Grunde, während sie an anderen in der folgenden Vegetationsperiode zwar noch lebendig blieben, aber ein nur kümmerliches Wachsthum erfuhren. In der Folge gingen sie jedoch auch an diesen zu Grunde.

Wir gehen nun zu der zweiten Gruppe von Zweigen über, welche in weitem Bogen gekrümmt, und in der oben angegebenen Art befestigt wurden. Diese verhielten sich in folgender Art. An dem abwärts gerichteten apicalen Theile bildeten sich die Knospen der Spitze und ausser diesen noch weitere aus, welche um so mehr der Oberseite angehörten, je grösser der Krümmungsradius des Bogens war, den der Zweig darstellte. Alle diese Triebe blieben aber nur schwach, wie in den früheren Fällen. — An dem basalen, aufwärts gerichteten Theile des Bogens entsprang der stärkste Trieb bald dem höchsten Punkte der Krümmung, während abwärts noch weitere, kräftige Sprosse folgten; bald stand der entwickeltste Trieb näher an der Basis des Mutterzweiges, und es nahmen die übrigen Sprosse nach der Höhe der Krümmung hin allmälig an Stärke ab. — Selbstverständlich hingen diese Verhältnisse von der Weite des Bogens ab, den der Zweig bildete. Je grösser der Krümmungsradius desselben, um so mehr das zuletzt angedeutete Wachsthum; je kleiner der Radius, um so mehr die Verhältnisse der ersteren Art. Ein näheres Eingehen auf diese Verschiedenheiten erscheint jedoch nicht nothwendig.

Somit gelangen wir zur dritten Form des Versuches, in welcher die gekrümmten Zweige in der Weise befestigt wurden, dass ihre Ansatzstellen ungefähr die höchst gelegenen Orte einnahmen. In diesem Falle entwickelten sich an den abwärts gerichteten Zweigtheilen meist zahlreiche Knospen; alle entstehenden Triebe aber, unten denen die der Spitze sich durch grössere Länge auszeichneten, waren verhältnissmässig schwach, wie in den früher

beschriebenen Versuchen. Die kräftigsten Sprosse entstanden stets auf der Oberseite des kurzen, hoch gelegenen basalen Stückes; gewöhnlich war es ein Trieb in der Nähe der Basis, welcher allen anderen in der Entwickelung voraneilte.

Es bleibt uns nun noch die vierte Versuchsform zu besprechen übrig. Die, wie oben erwähnt, in der Gestalt eines vollständigen Kreises gebogenen Zweige hatten stets noch ein kurzes, basales aufrechtes Stück. Es verhielten sich dieselben der Hauptsache nach, wie die Zweige der ersten Versuchsform. Die kräftigsten Laubsprosse entstanden an dem aufrechten basalen Theile, oder an dem darauf folgenden aufsteigenden Theile der Krümmung. Der übrige Theil des Bogens führte, wenn überhaupt, dann nur schwache Productionen. Die an der Spitze erzeugten Triebe, wenngleich an Länge etwas vorragend, standen doch im Ganzen weit hinter den basalen zurück. — Es geht hieraus hervor, dass nicht die absolute verticale Höhe, in der sich eine Knospe befindet, allein maassgebend für die Energie ihrer Entwickelung ist, sondern dass dazu noch die weitere Bedingung tritt, dass das zwischen ihr und der Ansatzstelle befindliche Zweigstück eine ganz oder annähernd gerade Linie darstellt.

Alle bisher besprochenen Experimente wurden mit einjährigen Zweigen ausgeführt. Es war nun noch zu sehen, wie sich junge, erst wenige Monate alte Zweige unter sonst gleichen Bedingungen verhalten würden. Zu dem Ende wurden im Monat Juli sehr kräftige, mit noch wachsenden Spitzen versehene Triebe desselben Sommers von Salix pruinosa in der Art gebogen und befestigt, wie sie bei der ersten der vorhin beschriebenen Versuchsformen angewandt wurde. Es ergab sich, dass in allen Fällen die Spitzen der Zweige langsam weiter wuchsen, dass aber eine vorzeitige Entwickelung der Achselknospen nicht erfolgte, auch an den Orten nicht, welche an dem vertical-aufrechten Theile vor der Krümmung gelegen waren. — Die Zweige behielten im Winter ihre Lage bei, und liessen im nächsten Frühjahr ihre Knospenentwickelung so von Statten gehen, wie jährige Zweige unter gleichen Verhältnissen.

Das eben über das Verhalten junger Zweige Gesagte hat jedoch keineswegs allgemeine Geltung. Gleichaltrige Triebe anderer, sowohl holziger als krautiger Gewächse, wenn in gekrümmter

Lage befestigt, entwickelten ihre Knospen vor und auf der Krümmung, wie ältere Zweige. So beispielsweise die Laubtriebe von Heterocentron diversifolium, und besonders lehrreich die Stengel der Keimpflanze von Vicia Faba L. Krümmt man die Hauptaxen, nachdem sie einige Länge erreicht haben, so richten sich ihre Spitzen geotropisch empor und wachsen fort; gleichzeitig aber entwickeln sich die Knospen auf oder vor dem Bogen, und zwar bei bleibender Krümmung so schnell, dass der günstigst gelegene Trieb die Hauptaxe bald überflügelt.

Soviel über die Weidenzweige. Nach allem Angeführten erweisen sie sich ihres raschen Wachsthums halber besonders günstig für das Studium des Einflusses, den die Krümmung auf den Ort und die Entwickelung der Langtriebe hat. Weniger geeignet aber sind sie, wenn man die Frage stellt, welche Wirkung jene Procedur auf die Bildung der übrigen Zweigformen habe; zur Lösung dieser Frage sind Arten mit langsamem, aber dauernderem Wachsthum günstiger. Wir wählen als Beispiel wieder die Culturform der Birne.

Wurden normal entwickelte, gleichförmig mit Laubknospen besetzte Langtriebe im Frühjahr vor dem Knospenaustrieb in gekrümmter Lage befestigt, so traten der Hauptsache nach die gleichen Verhältnisse ein, welche wir an den Weidenzweigen beobachteten. Allein die Apicaltriebe an dem abwärts gekrümmten Zweigtheile blieben hier im Herbst frisch und gesund. In der nächsten Vegetationsperiode zeigten sie ein langsames Wachsthum, und producirten nun und in den folgenden Jahren echte Kurztriebe mit Blüthenständen. Sie traten somit jetzt an die Stelle derjenigen Sprosse, welche am vertical-aufrechten Zweige die mittlere und tiefere Region einnehmen.

Nunmehr wurde das Experiment der Krümmung mit Zweigen angestellt, welche sehr kräftig waren und schon in der ersten Vegetationsperiode an der Basis einige Kurztriebe erzeugt hatten. Die letzteren erhielten bei der Biegung ihren Ort auf der Krümmung. Das Ergebniss war, dass die Terminalknospen dieser Kurzzweige sich nun zu den stärksten Langzweigen entwickelten, während die Apicalknospen der Mutterzweige sich verhielten, wie in den früheren Fällen. (Taf. III, Fig. 5.) Es ergiebt sich somit

auch aus diesem Versuch, dass das Wachsthum eines Sprosses nicht auf immer durch seine ersten Entwickelungsstadien bestimmt wird, sondern dass es unter veränderten Bedingungen durchaus verschiedene Bahnen einschlagen kann.

Zu den eben besprochenen Versuchen sei bemerkt, dass dieselben schon vor sechs Jahren in Bonn angestellt wurden. Bei der letzten Besichtigung im Herbst 1882 fand sich, dass die Zweige der herabgebogenen Apicaltheile noch völlig frisch und mit grünem Laube versehen waren. Sie stellten jetzt ganze Complexe fruchtbarer Kurzzweige dar. Aus den Basen der einst gekrümmten Mutterzweige dagegen hatten sich inzwischen ganze Systeme aufstrebender Zweige gebildet, welche die normale Sprossfolge aufwiesen.

Endlich wurden noch Krümmungsversuche mit normal entwickelten Zweigsystemen angestellt, welche ein Alter von zwei Jahren hatten. Mit Uebergehung aller Einzelheiten sei hier das Verhalten solcher Systeme nur ganz allgemein angedeutet. Je nach der Form der Krümmung waren es die vor oder auf derselben gelegenen Theile, welche in der Entwickelung voraneilten. Waren dort schon Laubzweige oder Mittelbildungen gelegen, so erfuhren diese den stärksten Nahrungszufluss, und bildeten direkt die neuen Leittriebe. Wurden jene Orte dagegen von Kurzzweigen eingenommen, so bildeten sich, wenn sie kräftig entwickelt waren, an ihren oberen Theilen aus noch indifferenten Knospen die neuen Laubsprosse; im andern Falle entstanden die letztern aus ruhenden Augen an den Basen der Kurzzweige. Es kamen hier wie überall zwei Factoren in Betracht, der Ort, den eine vorhandene Bildung einnahm, und die Entwickelungshöhe, welche sie schon besass. — Während sich so auf oder vor der Krümmung die das System fortsetzenden neuen Laubzweige bildeten, liess das Wachsthum der abwärts gebogenen Theile immer mehr nach, bis schliesslich nur noch Kurzzweige erzeugt wurden.

Lieferten uns die Weiden günstige Beispiele für das Studium eines rasch eintretenden Effectes der Krümmung, so soll jetzt noch ein Fall besprochen werden, in welchem der Erfolg der Operation sich erst sehr spät einstellte.

Die Langzweige von Crataegus Aria[1]) erzeugen alljährlich aus den Terminalknospen die neuen leitenden Langtriebe. Aus den folgenden Knospen können ebenfalls Langtriebe entspringen, welche dann allmälig in kürzere, später Blüthenstände producirende Sprosse übergehen. Oder es erzeugt nur die Terminalknospe einen kräftigen Langzweig, während die folgenden Augen in Ruhe bleiben. Die letztere Art des Wachsthums kann sich durch zwei und selbst drei Jahrgänge fortsetzen, dann aber plötzlich aufhören. Nicht nur der letzte Langzweig erzeugt dann an seinem oberen Ende mehrere Langtriebe, sondern es gehen auch die Apicalknospen der früheren Jahresabsätze in die Bildung von Laubzweigen ein. Man hat dann zwei oder drei Entwickelungs-Etagen vor sich, deren jüngste die kräftigsten Sprosse erzeugt, und der die älteren mit abnehmender Stärke folgen.

Solche Zweige nun, an denen wiederholt nur die Terminalknospe zur Bildung eines Langtriebes gelangt war, wurden in gekrümmter Lage befestigt. Es entwickelten sich nunmehr an ihnen die bis dahin ruhenden Apicalknospen aller Jahresabsätze. Während einer längeren ersten Wachsthumsperiode wuchsen die Triebe der nach unten gerichteten Spitze am schnellsten; sie erreichten beträchtliche Länge und krümmten sich in weitem Bogen aufwärts. Die Sprosse der folgenden Jahresabsätze waren anfänglich schwächer, allmälig aber erfuhren die des basalen aufrechten Theiles und die auf der Oberseite der Krümmung gelegenen eine raschere Ausbildung, und hatten gegen Schluss der Vegetationsperiode etwa die gleiche Stärke, welche die apicalen besassen. — Im folgenden Jahre eilten anfänglich die auf der Oberseite der Krümmung entstandenen Triebe im Wachsthum voran, weiterhin aber wurden sie von denen des basalen aufrechten Theiles überholt; die letzteren erfuhren jetzt einen entschiedenen Vorzug. Auch die Sprosse der abwärts gerichteten Spitze entwickelten sich im zweiten Jahre noch verhältnissmässig kräftig, jedoch bei weitem nicht mit der Energie, welche die der vorhin genannten Orte zeigten.

Wegen meines Fortganges von Bonn habe ich die genannten Objecte leider aus dem Auge verloren. Doch lehren die mitgetheilten Thatsachen zur Genüge, dass die innere Ursache ihre

[1]) Die Versuchspflanze befand sich im Bonner botanischen Garten, und führte diese Bezeichnung.

Wirkung im einen Falle ungleich länger nach der Krümmung äussert, als im andern.

Nach Erörterung des Wachsthums geneigter gerader und bogenförmig gekrümmter Zweige haben wir nun noch eine Versuchsform zu besprechen, in welcher die Zweige in schraubenliniger Gestalt gebogen und befestigt wurden. Die Ausführung der Experimente geschah in der Art, dass sehr kräftig entwickelte Langzweige je nach dem Grade der Steilheit der zu ertheilenden Windungen bald um einen, bald um drei in Form eines gleichseitigen Dreiecks in den Boden gesteckte Stäbe vorsichtig gewunden, und in der ihnen aufgenöthigten Lage befestigt wurden. Die zu dem Versuch verwendeten Arten waren Acer Negundo L., Corylus Avellana L., Vitis vinifera L. u. a. m.

Das Ergebniss dieser Versuche war, wie nicht anders zu erwarten, verschieden je nach dem Grade der Steilheit, in welcher die Windungen verliefen. Waren diese sehr steil, so wich das Verhalten der Zweige von den vertical-aufrechten nicht erheblich ab. Es entwickelten sich zwar meist Knospen auf der ganzen Zweiglänge, allein die in der tieferen Region entstandenen Triebe erfuhren ein nur mässiges Wachsthum, während die der Spitze beträchtlich voraneilten. — Anders, wenn die Windungen weit und niedrig waren. Auch in diesem Falle entwickelten sich anfänglich die Apicaltriebe am schnellsten, allein mehr und mehr machte sich eine Bevorzugung der Triebe geltend, welche aus den Knospen auf der Oberseite der unteren Windungen, oder bei wenig steil aufsteigenden Objecten lediglich aus den untersten derselben hervorgingen. Die Orte der höchsten Wachsthums-Energie wurden somit auch in diesem Falle von der Spitze nach der Oberseite der basalen Partieen verlegt.

Führt man derartige Versuche in vorsichtiger Art an geeigneten Birnvarietäten und andern Obstsorten aus, so werden die sämmtlichen, besonders aber die oberen Windungen verhältnissmässig fruchtbar. Die Hemmung des Wachsthums führt zur Bildung zahlreicher Kurzzweige und damit zur Blüthen- und Fruchtbildung. In der That wird dieses Zuchtverfahren gelegentlich angewandt. Auch in der Weincultur ist die schraubenförmige Biegung empfohlen worden.

Vor einiger Zeit war mir Gelegenheit geboten, in einem

Garten in Mülhausen ältere Apfelbäume zu beobachten, die man in der angegebenen Art an eisernen Gerüsten gezogen hatte. Bei ihnen waren die Windungen weit und niedrig; die vorhin angedeuteten Verhältnisse traten daher auffallend hervor. Die unteren Windungen, zumal die unterste, producirten reichlich Laubsprosse, deren Wachsthum fortwährend gehemmt werden musste, während die oberen dicht mit Fruchtholz besetzt waren. Die Axe selbst war in den unteren Windungen sehr kräftig verdickt; in den oberen dagegen nahm sie rasch an Stärke ab.

Die Bedeutung verschiedener Zweiglagen im System.

Im letzten Abschnitt beschäftigten wir uns mit dem Einfluss der Neigung und Krümmung auf das Wachsthum des einzelnen Zweiges, und zwar des einzelnen Zweiges für sich, unabhängig vom System, betrachtet. Wir wenden uns nunmehr zum Complex von Zweigen, zur Behandlung der Frage, welcher Art das gegenseitige Verhältniss gleichwerthiger Glieder sei, wenn ihre Lage in gleicher oder verschiedener Weise verändert wird.

Das Studium dieses Problems führt zu Verhältnissen von verwickeltem Charakter. Schon die einfache Erwägung lehrt, dass hier eine grosse Zahl von Experimenten möglich ist, an deren erschöpfende Behandlung an diesem Orte auch nicht entfernt gedacht werden kann. Wir werden uns vielmehr mit der Ausführung einiger wichtiger Versuche begnügen, welche für den Gang unsrer Darstellung von besonderer Bedeutung sind, und alles Uebrige der eigenen Beobachtung anheim stellen.

Den Ausgangspunkt unsrer Darlegung möge der einfachste Fall, ein System von nur zwei Langzweigen an einer Mutteraxe, bilden. Um sich derartige Systeme zu verschaffen, verfährt man am besten in folgender Weise. Kräftig entwickelte, in der Nähe des Bodens entspringende, vertical-aufrechte Langzweige von Salix viminalis oder einer ähnlichen rasch wachsenden Art werden im Frühjahr vor dem Knospenaustriebe auf etwa halber Länge über zwei Knospen durchschnitten, welche annähernd gleich hoch inserirt sind. Da die Distanzen der Knospen häufig Schwankungen unterliegen, so lassen sich derartige Fälle meist unschwer finden. Aus den Apicalknospen gehen nun Triebe hervor, deren zwei höchst-

gelegene in der Entwickelung ungefähr gleichen Schritt halten. Die letzteren sind es, welche im folgenden Frühling zum Versuch dienen. Es werden ihre schwachen Apicaltheile und ebenso, um alle Störungen zu vermeiden, die unter ihnen befindlichen Schwesterzweige entfernt, sie selbst sodann in verschiedener Weise befestigt. Im einen Falle erhalten sie beide gleiche Lage, und zwar unter wechselnder Neigung, bei 30°, 45°, 60° u. s. w. Im andern Falle ist ihre Lage verschieden; der eine Zweig erhält aufrechte Stellung, der andere eine Neigung, die wieder im einen Versuch grösser, im andern geringer ist. Oder endlich, es werden beide Zweige, aber in verschiedenem Grade geneigt. — Wohl zu beachten ist dabei, dass die Objecte während des ganzen Sommers sich ungestört entwickeln können, und nicht durch benachbarte Theile der eigenen oder anderer Pflanzen im Wachsthum gehindert werden.

Aus einer Reihe derartiger Versuche und sonst angestellter Beobachtungen ergaben sich folgende Regeln des Wachsthums der Zweige.

Haben zwei gleich entwickelte Langzweige an vertical-aufrechter Mutteraxe gleiche Insertions-Höhe und gleiche Neigung, so hält ihr Wachsthum im Allgemeinen gleichen Schritt.

Ist dagegen die Neigung der Zweige bei gleicher Insertions-Höhe eine verschiedene, so erfahren dieselben auch ein verschiedenes Wachsthum. Ihre Entwickelung ist um so schwächer, je grösser die Neigung, um so stärker, je geringer die Neigung, je mehr sich der Zweig der vertical-aufrechten Stellung nähert. In der letztern selbst erreicht die Energie des Wachsthums den höchsten Grad. Die Differenz im Wachsthum zweier Zweige ist im Allgemeinen der Differenz ihrer Neigungen proportional.

Auf die Beschreibung von Einzelheiten zum Beleg dieser Sätze glaube ich um so mehr verzichten zu können, als eine lange Aufzählung von Messungen, Ortsangaben u. s. w. dem Leser doch kaum ein genügendes Bild vor Augen führen würde. Die directe Beobachtung führt hier viel rascher zum Ziel, und, einmal mit der Sache vertraut, findet man im Freien überall leicht Beispiele, welche die obigen Angaben veranschaulichen.

Anders, als im obigen Falle, gestaltet sich das Verhältniss, wenn Insertions-Höhe und Stärke der beiden Zweige verschieden sind. Je näher ein Zweig der Spitze des mütterlichen Trägers steht, um so kräftiger ist er in der Regel, wie oben eingehend gezeigt wurde. Beide Factoren, Stellung und Stärke der Zweige, sind von maassgebender Bedeutung für das weitere Wachsthum derselben. Zu ihnen gesellt sich dann als dritter die Neigung, welche sich experimentell leicht verändern lässt.

Auch mit Zweigen der eben bezeichneten Art wurde mehrfach experimentirt. Auf das Wachsthum der Zweige bei gleicher Neigung braucht nicht näher eingegangen zu werden. Bei Befestigung der Zweige unter verschiedener Neigung ergab sich je nach Umständen Gleichheit oder mehr oder minder grosse Verschiedenheit in der Entwickelung. Erhielt z. B. der höher gelegene stärkere Zweig eine grössere Neigung, so konnte er von dem schwächeren, tiefer inserirten im Wachsthum eingeholt, ja überflügelt werden, wenn der letztere unter geringerer Neigung befestigt wurde. Doch gelang dieser Versuch nur dann, wenn die Entfernung des zweiten Zweiges von dem ersten und der Spitze des mütterlichen Trägers keine zu grosse war. — Die sämmtlichen angestellten Experimente führten zu einem Ergebniss, das sich allgemein in folgender Form ausdrücken lässt.

Das Gesammtwachsthum zweier Langzweige von verschiedener Stärke und Insertions-Höhe an der Mutteraxe steht in geradem Verhältniss zu ihrer Stärke und Insertions-Höhe, und im umgekehrten Verhältniss zu ihrer Neigung (die letztere von der Verticalen aus gerechnet).

Soviel über das Verhältniss zwischen zwei Langzweigen an einer Mutteraxe. Selbstverständlich gelten die gewonnenen Erfahrungen auch für drei und mehrere derartige Zweige. Drei etwa gleich kräftige und annähernd gleich hoch inserirte Zweige findet man nicht selten an der Spitze stark zurückgeschnittener Mutterzweige, und kann dann die Gültigkeit der ersten, oben angegebenen Sätze direct für dieselben erweisen; ja es gelingt dies gelegentlich auch noch für vier Zweige. Gewöhnlich dagegen treten bei drei, vier und vollends noch mehr Zweigen neben der Neigung die Distanz derselben von der Spitze des Mutterorgans

und ihre schon erreichte Grösse als Factoren auf, welche die Energie des Wachsthums mit bestimmen. Versuche und sonst angestellte Beobachtungen ergaben nun, dass das Wachsthum der Zweige in einem derartigen gegenseitigen Verhältniss steht, dass man dem zuletzt gewonnenen Satze eine erweiterte Fassung geben kann.

Die Energie des Wachsthums der Langzweige einer Mutteraxe steht in geradem Verhältniss zur Insertions-Höhe der ersteren und ihrer schon erreichten Entwickelung, und im umgekehrten Verhältniss zu ihrer Neigung (diese von der Verticalen aus gerechnet).

Zu den bisher gemachten und den gleich folgenden Angaben ist jedoch zu bemerken, dass sie sich lediglich auf das relative Wachsthum der Zweige an einer Mutteraxe beziehen, und dass dadurch über das absolute Wachsthum derselben nichts ausgesagt ist. Beim letzteren kommen ausser den oben aufgeführten noch andere Factoren in Betracht, so der Ort, den die betreffende Mutteraxe an der ganzen Pflanze einnimmt, das Alter der letzteren, und ferner die Zahl der Langzweige an einer Mutteraxe. Die beiden ersteren Punkte kommen später noch zur Sprache; bezüglich des letzteren sei hier nur darauf hingewiesen, dass wenn von einer Mutteraxe mit einer grösseren Anzahl von Seitenzweigen ein Theil der letzteren entfernt wird, die übrig bleibenden selbstverständlich eine kräftigere Entwickelung erfahren, als es im ungestörten System der Fall gewesen sein würde.

In den bisher besprochenen Versuchen hatte die Mutteraxe der unter verschiedenen Graden geneigten Seitenzweige eine vertical-aufrechte Stellung. Wir wollen nun einen Schritt weiter gehen, und der Mutteraxe selbst eine mehr oder minder grosse Neigung ertheilen. Dann ergiebt sich ganz allgemein, dass die Zweige der Oberseite eine schnellere, die der Unterseite eine langsamere Entwickelung erfahren. Und zwar sind die Unterschiede im Wachsthum der Producte der Ober- und Unterseite um so geringer, je kleiner die Neigung, um so grösser, je stärker die Neigung ist. Ob das verminderte Wachsthum der auf der Unterseite stehenden Zweige lediglich auf einer Nichtförderung, oder, was mir wahrscheinlicher, auf einer Hemmung beruht, möge einst-

weilen dahin gestellt bleiben. — Das Gesammtwachsthum eines Zweiges an geneigter Mutteraxe wird somit bestimmt durch folgende Factoren: 1) durch die Entfernung von der Spitze der Mutteraxe, 2) durch die schon erlangte Entwickelungshöhe, 3) durch den Grad der eigenen Neigung und endlich 4) durch seinen Ort auf der Ober- oder Unterseite des Mutterzweiges.

Da nun diese Bedingungen der Hauptsache nach in der Hand des Experimentators stehen, so ergiebt sich ohne Weiteres, dass man durch den Versuch die verschiedensten Combinationen herbeiführen kann. So kann ein kräftiger Apicalzweig, wenn bei der Neigung der Mutteraxe auf die Unterseite der letzteren gebracht, in Folge seiner Stellung an der Spitze zunächst und, falls die Neigung des mütterlichen Trägers keine zu grosse ist, noch lange Zeit ein Uebergewicht im Wachsthum erfahren. Dies wird jedoch um so schwieriger geschehen, je grösser die dem Mutterzweige verliehene Neigung ist. Bei längerer Dauer der Versuche wird man unter allen Umständen eine Bevorzugung der auf der Oberseite entspringenden Zweige wahrnehmen, auch dann, wenn anfänglich die Bedingungen für die Glieder der Unterseite möglichst günstig gestellt wurden. — Erhalten umgekehrt die Zweige der Oberseite zu ihrer schon günstigen Lage noch einen Vorzug in der eignen Neigung, so wird ihr Voraneilen im Wachsthum nur um so entschiedener sein. Man gebe einem Zweige der Oberseite eine nach oben gerichtete senkrechte Stellung, und er wird bald alle seine Mitbewerber von stärkerer Neigung in der Entwickelung überflügeln.

Bei allen bis jetzt ausgeführten Experimenten hatten wir den einfachen Fall im Auge, in welchem es sich um das Wachsthum einer mit noch unverzweigten Seitengliedern besetzten Mutteraxe handelt. Es entsteht nun die Frage, wie sich das Verhältniss gestalten werde, wenn man ältere, mannigfach gegliederte Verzweigungs-Systeme dem Versuch unterwirft, ob die früher gewonnenen Erfahrungen auch dann Geltung behalten. Um diese Frage direct zu beantworten, wurden ältere Weidensträucher, welche vom Boden an mehrere Hauptverzweigungen bildeten, von allem Ueberflüssigen befreit, und nun die Hauptaxen der Verzweigungen unter verschiedener Neigung befestigt. Alle störenden Momente, welche etwa das Wachsthum hätten beeinflussen können, wurden sorg-

fältig entfernt, und so die Objecte der weiteren Entwickelung überlassen. Schon im ersten Sommer, und in der Folge noch deutlicher, zeigte sich, dass, wie nicht anders zu erwarten, dieselben Bedingungen, welche das Wachsthum einfacher Complexe regeln, auch für die zusammengesetzten Verzweigungs-Systeme gelten. Je aufrechter die Stellung eines Systems, um so energischer, je geneigter, um so schwächer war sein Wachsthum. Während sich die aufrechten Systeme auf allen Seiten etwa gleich stark entwickelten, waren an den geneigten die Oberseiten, und zwar im Allgemeinen dem Grade der Neigung entsprechend, bevorzugt. Die Entwickelung des einzelnen Theiles fand auch hier nach Maassgabe der Bedingungen statt, welche oben auseinandergesetzt wurden. Nur wurde die Beurtheilung im einzelnen Falle schon darum erheblich schwieriger, weil der Factor, welchen die vor dem Beginn des Versuches schon erreichte Entwickelungshöhe eines Zweiges darstellt, im complexen System höchst mannigfache Abstufungen darbietet. Im Ganzen aber bleiben die Verhältnisse dieselben, gleichviel ob man ein einfaches oder mehr oder minder complicirtes System zum Versuch verwendet.

Auch mit verschiedenen Systemen der angedeuteten Art wurde der Versuch ausgeführt, die Hauptaxen, nachdem sie längere Zeit in geneigter Lage verharrt, und die Glieder ihrer Oberseite eine Bevorzugung erfahren hatten, unter gleicher Neigung ohne Torsion so zu befestigen, dass die Ober- und Unterseiten ihre Lagen tauschten. Wie in den früher besprochenen Fällen trat auch jetzt allmälig ein sich steigerndes Wachsthum der nunmehrigen Oberseiten-Glieder ein, während das der Unterseiten sich verlangsamte. Führten die Oberseiten keine kräftigen Bildungen, so entstanden auf denselben aus schlafenden Knospen lange kräftige, negativ geotropische Sprosse, die sogenannten Wasserreiser, welche allen ihren Mitbewerbern in der Entwickelung, und zwar häufig offenbar auf deren Kosten, voraneilten. — Die Zweige der Unterseiten dagegen blieben, wie erwähnt, zurück, widerstanden aber im Allgemeinen den störenden Momenten um so länger, einen je grösseren Umfang sie in der einst günstigen Lage erlangt hatten.

Dass, wenn die im Vorstehenden erörterten Experimente mit Zweigsystemen des Birn- oder Apfelbaumes angestellt werden, an den Gliedern der Unterseite und an den geneigten Gliedern über-

haupt, des langsameren Wachsthums halber, die Bildung von Blüthensprossen sich steigert, ist selbstverständlich.

Fassen wir die sämmtlichen am einzelnen Zweige und am Complex gemachten Erfahrungen zusammen, so ergiebt sich für die aufrecht wachsenden polycormischen Pflanzen ganz allgemein, dass die höchst gelegenen Punkte im Wachsthum um so mehr bevorzugt sind, je directer und gerader ihre Verbindung mit der Hauptwurzel ist. Je näher eine Axe der über der Mitte der Hauptwurzel errichteten Verticallinie kommt, um so energischer ist ihr Gesammtwachsthum; je weiter sie davon abweicht, um so langsamer ihre Entwickelung.

Auf eine weitere Bestätigung der oben entwickelten Folgerungen und Sätze durch die gärtnerische Praxis können wir erst später eingehen; ebenso wird die Anwendung des Gesagten auf den Wuchs der Bäume erst später erfolgen.

Erklärungsversuche.

Im vorstehenden Abschnitte wurden lediglich Experimente und deren Ergebnisse mitgetheilt. Versuchen wir nunmehr, die gewonnenen Erfahrungen auf ihre wirkenden Ursachen zurückzuführen. Wir gehen dabei von den Thatsachen aus, welche schon im ersten Theile der Arbeit niedergelegt wurden. Es fand dort der, und zwar strenge und vollgültige, Nachweis statt, dass für die Entwickelung der Knospen und Wurzeln an einem abgeschnittenen Zweige hauptsächlich zwei Bedingungen maassgebend sind, die innere Polarität und die Schwerkraft. Die erstere wirkt dahin, dass Knospen an der morphologischen Spitze, Wurzeln an der Basis entstehen bez. sich ausbilden; im einen Falle äussert sich ihr Einfluss lediglich an den Enden, im andern erstreckt sich derselbe auf weitere Entfernung; im Allgemeinen nimmt er bei reichlich vorhandenen Nährstoffen von den Enden aus allmälig ab. Der Einfluss der Schwerkraft dagegen geht dahin, dass Knospen an den höchst-, Wurzeln an den tiefstgelegenen Orten sich entwickeln bez. ausbilden. Je nach der dem Zweige ertheilten Lage sind die Einflüsse der beiden Kräfte gleichsinnig, oder in grösserem oder geringerem Grade ungleichsinnig. — Es erfolgte dann weiter an

dem angegebenen Orte eine Auseinandersetzung, wie man sich das Zusammenwirken der beiden Ursachen mechanisch versinnlichen könne.

Die dort niedergelegten Anschauungen lassen sich nun fast ohne Vorbehalt auf die Glieder im System übertragen. Nur ist dabei zu bedenken, dass im letzteren Falle normal jedes Glied nur gleichnamige Bildungen erzeugt, der Zweig Knospen bez. Triebe, die Wurzel wieder Wurzeln; und ferner, dass die Ursachen hier während langer Dauer wirken. Weiter ist im Freien ausser jenen beiden eine ganze Reihe von Factoren thätig, die ebenfalls in Betracht kommen. Bevor wir jedoch zu diesen übergehen, wollen wir lediglich die Wirkung jener beiden Bedingungen in's Auge fassen.

Am vertical-aufrechten Laubzweige wirken die beiden Ursachen gleichsinnig; daher entstehen an der Spitze die kräftigsten Langtriebe, denen je nach Umständen eine grössere oder geringere Zahl von allmälig an Länge abnehmenden Sprossen folgt; alle diese Triebe stehen unter normalen Verhältnissen ringsum am Zweige. Giebt man nun dem letzteren eine beliebige Neigung im ersten Quadranten, — den Nullpunkt der Kreistheilung nach oben in die Verticale verlegt, — so wird die nach oben gerichtete Wirkung der Schwerkraft in zwei Componenten zerlegt, von denen die Cosinus-Componente in die Richtung der Längsaxe des Zweiges fällt, also mit der Polarität gleichsinnig wirkt, während die Sinus-Componente auf der Längsaxe senkrecht steht und sich als Oberseitenwirkung geltend macht. Dem Grade der Neigung entsprechend entwickeln sich demnach die Knospen an der Spitze des Zweiges ringsum, und ausserdem bis zu grösserer oder geringerer Entfernung von derselben auf der Oberseite; ebenso entspricht die Energie des Wachsthums der Triebe den theoretischen Forderungen. — Bei horizontaler Stellung des Zweiges ist die Sinus-Componente der Schwerkraft = 1; der Einfluss der letzteren ist nur noch auf die Oberseite gerichtet.

In der beistehenden Figur sind diese Verhältnisse einfach veranschaulicht. Die Radien stellen verschiedene Zweiglagen im ersten Quadranten dar, die Linien bc, ef, hi die Wirkungsgrösse der Schwerkraft, welche mit den Zweigen je nach der Neigung derselben verschieden grosse Winkel bildet, α, β, γ. Fällt man von

den Endpunkten der Linien bc, ef, hi Perpendikel auf die Radien, so erhält man Dreiecke, in denen die Linien ac, df, gi die Sinus der Winkel α, β, γ darstellen, während die Linien ba, ed, gh gleich den Cosinus derselben sind. Bei 90° ist der Sinus = 1, bei 0° = 0, während umgekehrt der Cosinus bei 90° = 0, bei 0° = 1 ist.

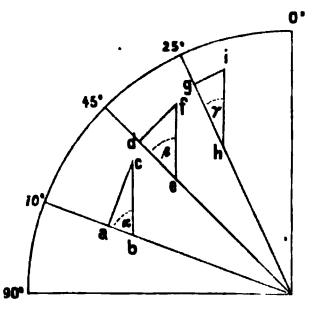


Fig. 7.

Gehen wir jetzt über die Horizontale hinaus in den zweiten Quadranten, so erfährt die Wirkung der Schwerkraft wieder eine Zerlegung; die Sinus-Componente tritt auch jetzt als Oberseitenwirkung auf, während die Cosinus-Componente wieder in die Längsaxe des Zweiges fällt, aber in einem dem früheren entgegengesetzten Sinne wirkt. Ihr Einfluss ist jetzt gegen den der innern Ursache gerichtet, sie wirkt nunmehr hemmend. Giebt man dem Zweige endlich eine vertical-verkehrte Lage, so wirken die innere und die äussere Kraft in völlig entgegengesetztem Sinne. Dem entsprechend gestalten sich im Allgemeinen auch, wie früher auseinandergesetzt wurde, die Wachsthumsverhältnisse an abwärts geneigten Zweigen, nur ist das Resultat in der Regel kein ganz reines der Schwierigkeit wegen, welche die Ausführung des Versuches mit sich bringt.

Betrachten wir nunmehr den bogenförmig gekrümmten Zweig, und zwar diejenige Form desselben, in welcher die Oeffnung des Bogens nach unten gerichtet ist, und der Spross ausser der Krümmung ein gerades basales und apicales Stück führt. An solchem Object kommen die sämmtlichen Beziehungen in Betracht, welche oben für die verschiedenen Lagen gerader Zweige auseinandergesetzt wurden. An dem basalen vertical-aufrechten Theile wirken die innere Bedingung und die Schwerkraft gleichsinnig nach oben; an dem aufsteigenden Theile des Bogens zerfällt die Schwerkraftwirkung in ihre beiden Componenten, deren Einfluss sich an jedem Punkte der Krümmung in derselben Art äussert, wie an einem geraden Zweige, der im ersten Quadranten geneigt, und der durch den Punkt gelegten Tangente parallel gerichtet ist. Die aufsteigende Hälfte des Bogens stellt somit die sämmtlichen Lagen

eines Zweiges im ersten Quadranten dar. Am höchst gelegenen Punkte der Krümmung wirkt die Schwerkraft wie am horizontal gelegten Langzweige, d. h. nur auf die Oberseite, nicht mehr in Richtung der Längsaxe.

Anders im abwärts gerichteten Theile des Bogens. Auch hier wird die Schwerkraftwirkung wieder zerlegt; die Cosinus-Componente äussert ihren Einfluss aber in einer Richtung, welche der der innern Ursache entgegengesetzt ist; sie tritt als Hemmung auf. An diesem Theile der Krümmung finden somit die sämmtlichen Verhältnisse statt, welche wir bei den verschiedenen Lagen gerader Zweige im zweiten Quadranten beobachteten. — An dem geraden abwärts gerichteten Theile des Zweiges endlich wirkt die Schwerkraft wie an dem in vertical-verkehrter Richtung befestigten Zweige, d. h. mit ganzer Grösse dem Einfluss der innern Ursache entgegen.

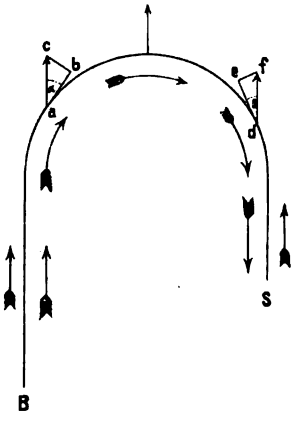


Fig. 8.

Figur 8 führt die angedeuteten Verhältnisse vor Augen. Die inneren Pfeile stellen die Richtung der Polarität, die äusseren die der Schwerkraft dar. B bedeutet die Basis, S die Spitze des Zweiges. Die übrigen Beziehungen ergeben sich aus der Figur von selbst.

Den eben gegebenen Erörterungen entsprechen nun in der That bis zu einem gewissen Grade die Wachsthumserscheinungen von Zweigen, welche in der angegebenen Art gekrümmt wurden. Es entwickeln sich zunächst die Knospen der Spitze, sodann die höchst gelegenen des aufrechten, basalen Theiles und der aufsteigenden Hälfte der Krümmung, weiterhin, doch in geringerer Zahl, die der absteigenden Hälfte und vereinzelte an dem abwärts gerichteten Theile über der Spitze des Zweiges. Am erstgenannten Orte erfolgt die Entwickelung in Folge der Wirkung der inneren Ursache, trotzdem ihr der Einfluss der Schwerkraft entgegengesetzt ist. An dem aufrechten basalen Theile und der aufsteigenden Bogenhälfte würden unter dem alleinigen Einfluss der inneren Ursache nur Kurztriebe

entstanden sein, jetzt, bei der veränderten Kräfte-Combination bilden sich dort Langtriebe; an der absteigenden Bogenhälfte und dem darauf zunächst folgenden geraden Theile des Zweiges, der unter andern Umständen bevorzugt sein würde, entstehen jetzt kürzere Triebe in geringerer Zahl.

Soweit stimmt demnach das Wachsthum des Zweiges mit den theoretischen Forderungen im Allgemeinen überein. Dennoch entsteht das Bedenken, ob die angegebenen Factoren allein genügen dürften, die sämmtlichen Vorgänge am gekrümmten Zweige in ausreichender Weise zu erklären. Vor Allem die weit überwiegende Entwickelung der Triebe am basalen aufrechten Theile ruft um so mehr Zweifel wach, wenn wir sie mit den im ersten Abschnitt unserer Arbeit niedergelegten Erfahrungen vergleichen, und legt die Frage nahe, in wieweit noch andere Momente, als die erwähnten, dabei in Betracht kommen könnten. Bevor wir jedoch zu diesen übergehen, wollen wir die eben unterbrochenen theoretischen Erörterungen noch etwas weiter fortsetzen.

Auf die übrigen Formen der einfachen Zweigkrümmungen, welche oben besprochen wurden, brauchen wir hier nicht einzugehen; die gegebene Darlegung genügt für die meisten Fälle und lässt sich auf die übrigen leicht übertragen. Dagegen bedarf die Kräfte-Combination, welche am schraubenförmig gekrümmten Zweige eintritt, einer kurzen Erörterung. An jedem Punkte einer Windung zerfällt auch hier die Wirkung der Schwerkraft in zwei Componenten, von denen die Sinus-Componente sich wieder auf der Zweigoberseite geltend macht, während die Cosinus-Componente der Längsaxe des Zweiges parallel und gleichsinnig mit der innern Ursache wirkt. Je nach der Steilheit der Windungen sind nun die beiden Componenten wechselweise grösser oder kleiner. Bei steilen Windungen äussert vorwiegend die Cosinus-Componente ihren Einfluss, bei flachen Windungen macht sich dagegen mehr die Sinus-Componente geltend. — Dass auch mit dieser Erörterung die thatsächlich beobachteten Verhältnisse übereinstimmen, wurde früher gezeigt.

Die eben für den einzelnen Zweig dargelegten Beziehungen haben natürlich auch für jedes Zweigsystem Geltung. Statt der einzelnen Knospen kommen dann ganze Zweige in Betracht; im Uebrigen aber bleibt alles ungeändert. — Die nähere Erwägung

über die Wirkung der Schwerkraft führt direct zu der oben aus den Beobachtungen abgeleiteten Folgerung, dass im Allgemeinen die höchst gelegenen Punkte am Baume ein um so bevorzugteres Wachsthum erfahren, je directer ihre Verbindung mit der Wurzel ist.

Soviel über das Zusammenwirken von innerer Ursache und Schwerkraft. Die Combinationen der beiden Factoren genügen, wie wir gesehen, vollständig, um das Wachsthum vertical-aufrechter und geneigter Zweige zu erklären; für das Verhalten gekrümmter Objecte dürften sie dagegen schwerlich ausreichen. Soweit ich sehe, sind es zwei Umstände, die man als mitwirkend zunächst in's Auge zu fassen hat.

Der erste dieser Umstände besteht in Folgendem. Bei der Krümmung eines Zweiges wird ein Theil seiner Elemente gewaltsam gedehnt, ein anderer comprimirt. Die Dehnung ist zwar anfänglich passiv, geht aber allmählig in Wachsthum über. Der gesteigerte Nahrungszufluss nun, welcher nach den gedehnten Orten hin stattfindet, kommt nicht nur den dort gelegenen Spross- oder Wurzelanlagen zu Gute, sondern führt unter Umständen sogar zur Neubildung solcher Anlagen. — In unserm Falle würden demnach die auf der convexen Seite des Bogens gelegenen Knospen einen Vorzug erfahren. Der Theil der Nahrung aber, welcher diesen Vorzug darstellt, wird den Trieben der Spitze entzogen und deren Entwickelung somit beeinträchtigt.

Das zweite Moment ist anderer Art. Wäre seine Existenz erwiesen, so würde man das Wachsthum der gedehnten Partie des Organes direct daraus erklären können. Ich suche dasselbe in den mechanischen Einflüssen, welche die Krümmung der Zweige auf die Säftebewegung in denselben ausübt. In einem geraden Zweige findet offenbar die Säftebewegung mit grösserer Leichtigkeit statt, als in einem gekrümmten. Die einfache Uebertragung der Verhältnisse, welche bei einer im gebogenen Rohre strömenden Flüssigkeit stattfindet, auf unsern Fall dürfte gewiss zu gewagt erscheinen. Allein es ist kaum zu bezweifeln, dass ähnliche Bedingungen auch im gekrümmten Zweige vorhanden sind, und dass die sich bewegenden Substanzen, gleichviel ob gezogen oder gepresst, an den Wänden einen Theil ihrer Energie verlieren. Findet dies wirklich statt, — und ich vermag keinen Grund zu sehen, wesshalb man es bezweifeln sollte, — dann ergiebt sich eine

erhöhte Bevorzugung der vor der Krümmung gelegenen, geraden, basalen Zweigtheile, eine schwächere, aber immer noch reichliche Nahrungszufuhr zu der aufsteigenden Hälfte der Krümmung, dagegen eine Benachtheiligung der absteigenden Bogenhälfte und ganz besonders des vertical-abwärts gerichteten, apicalen Zweigtheiles. — Dieser Voraussetzung entsprechen aber, wie wiederholt hervorgehoben, die thatsächlich beobachteten Verhältnisse.

Die angegebene Reihe von Factoren ist es, welche — abgesehen vom Licht, dessen Einfluss noch behandelt werden wird, — theils sicher, theils wahrscheinlich sowohl die erste Entwickelung der Knospen, als das gesammte weitere Wachsthum der Zweige bedingt. Unter diesen Ursachen kommen die Polarität und die Schwerkraft in erster Linie in Betracht, ja sie dürften das Wachsthum aufrechter und mässig geneigter Zweige vielleicht allein bestimmen. Die Grössen der Wirkungen dieser beiden Factoren aber feststellen zu wollen, erscheint als ein durchaus vergebliches Bemühen; daher wir hier denn auch jeden derartigen Versuch unterlassen. Wohl aber soll noch auf einen Umstand hingewiesen werden. Die Schwerkraft ist eine Bedingung, welche constant und, bei den geringen Differenzen in der Entfernung vom Erdmittelpunkte, um die es sich in den uns vorliegenden Fällen handelt, mit gleicher Grösse wirkt. Anders die innere Ursache. Eine Function des Wachsthums, ist sie, wie dieses, veränderlich, und von den inneren Zuständen des Körpers abhängig; jede innere oder äussere Störung wirkt modificirend auf sie ein. Daher die mancherlei wechselnden Erscheinungen, welche ihre Wirkungen uns im Laufe unsrer Untersuchungen darboten.

Einfluss des Lichtes.

Dem Leser der vorstehenden Zeilen wird es aufgefallen sein, dass die Wirkung des Lichtes bisher gänzlich ausser Acht gelassen wurde. Die sämmtlichen zuletzt besprochenen Experimente fanden im Freien unter dem Einfluss dieses Factors statt, und es wurde wiederholt die Frage nahe gelegt, in wie weit die Ergebnisse derselben durch das Licht mit bedingt sein möchten.

In dem betreffenden Abschnitt des ersten Theiles unserer

Arbeit wurde gezeigt, dass das Licht im Allgemeinen hemmend auf die Neubildung von Wurzeln und die Weiterentwickelung vorhandener Anlagen derselben einwirkt. Es wurde dort ferner geschlossen und, wenn auch in sehr bedingter Weise, gezeigt, dass derselbe Factor einen fördernden Einfluss auf die Entwickelung der Knospen ausübt. Die Fortsetzung dieser Untersuchung hat eine Bestätigung der gemachten Annahmen ergeben, worüber eine Mittheilung an anderm Orte erfolgen wird.

Es wurde jedoch an genannter Stelle ferner dargethan, dass diese Wirkungen des Lichtes im Ganzen und Grossen nur von secundärer Bedeutung sind, dass die Orte der sich entwickelnden Wurzeln und Knospen in erster Linie durch die bekannte innere Ursache, sodann durch die Schwerkraft bestimmt werden. Es sei hier nur daran erinnert, dass die ersten Wachsthumsstadien, welche die im Freien geneigten und gekrümmten, an der Mutterpflanze befindlichen Zweige zeigen, durchaus denen gleichen, die man an abgeschnittenen, in gleichen Lagen im Dunklen cultivirten Objecten bezüglich der Knospenentwickelung beobachtet.

Wenn sonach in den uns hier beschäftigenden Fällen der Einfluss des Lichtes auf die ersten Entwickelungsstadien der Knospen zweifellos kein erheblicher ist, so wird derselbe dagegen um so bedeutender, wenn es sich um die weitere Entwickelung der Triebe handelt. Ohne ausreichende Lichtzufuhr kann ein Spross sich auf die Dauer nicht entwickeln: aus diesem Grunde haben wir nach der Bedeutung des Lichtes für die früher erörterte Anordnung der Zweige zu fragen.

In den meisten Fällen wirkt das Licht im gleichen Sinne mit der innern Ursache. Es sind die Knospen der Spitze und die aus ihnen hervorgehenden Triebe, welche die intensivste Beleuchtung erfahren. Haben die Zweige horizontale Lage, und sind sie von oben nicht beschattet, so unterstützen sich die Einflüsse von Licht und Schwerkraft. Anders aber gestalten sich die Verhältnisse, wenn geneigte Zweige von unten die stärkste Beleuchtung erfahren, wie es mit den unteren Aesten und Zweigen dichter Kronen von freistehenden Bäumen der Fall ist. Hier wirken Licht und Schwerkraft in entgegengesetztem Sinne. Während der ersten Wachsthumsstadien sind zwar die Triebe der Oberseiten bevorzugt, allein mehr und mehr macht sich die stärkere Beleuchtung

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

der Unterseite geltend, und die auf dieser in der Nähe der Spitze entspringenden Triebe erfahren nächst den apicalen das lebhafteste Wachsthum. Ohne Frage ist es demselben Umstande zuzuschreiben, dass auf der Unterseite der Baumkrone befindliche, mehr oder weniger abwärts gerichtete Zweige und Aeste ein, wenn auch nur schwaches, so doch bis in's Alter des Baumes dauerndes Wachsthum zeigen.

Triebe und Zweige, welche an Orten entstanden sind, an denen sie keine ausreichende Beleuchtung empfangen, gehen zu Grunde. So führen an den Pyramidenpappeln nur die Aussenseiten der mit höchst energischem negativem Geotropismus ausgerüsteten Seitenzweige lebendige Sprosse; die auf der dem Stamm zugewandten Seite entstandenen vertrocknen gewöhnlich. — Nicht selten beobachtet man, dass die beschatteten Oberseiten horizontaler Aeste mit ganzen Schaaren zu Grunde gegangener Triebe bedeckt sind. Vor allem aber finden wir in dem dichten Zweiggedränge vieler Sträucher zahlreiche ältere und jüngere Theile, welche aus Raum- und Lichtmangel ihre Lebensthätigkeit eingestellt haben. — In allen diesen Fällen, die sich leicht noch vermehren liessen, producirt die Natur mit einer gewissen Verschwendung; sie lässt Organe an Orten und in einer Fülle entstehen, dass nicht allen von ihnen Raum zur Entwickelung geboten werden kann. Das sonst vom lebendigen Organismus so streng eingehaltene Princip grösstmöglichster Sparsamkeit wird somit an diesen Orten nicht befolgt.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergiebt sich, dass der Einfluss des Lichtes auf die ersten Entwickelungsstadien und den Modus des Wachsthums der Knospen nur von secundärer Bedeutung ist, dass derselbe aber den weiteren Fortgang des Wachsthums wesentlich bedingt. Jener Einfluss ist somit weniger ein gestaltender, als vielmehr ein regulirender. Der Ort der Organe wird der Hauptsache nach durch andere Factoren bestimmt; die Möglichkeit ihrer normalen Entwickelung aber hängt wesentlich vom Lichte ab.

Zur Lehre vom Habitus der Sträucher und Bäume.

Die in den vorstehenden Abschnitten niedergelegten Untersuchungen und deren Ergebnisse wollen wir nunmehr auf das Wachsthum polycormischer Sträucher und Bäume anwenden. Es handelt sich sonach um die Frage, inwieweit die gemachten Erfahrungen sich zum Verständniss des Habitus von Baum und Strauch verwerthen lassen.

Halbsträucher und Sträucher.

Es erscheint am zweckentsprechendsten, der allgemeinen Erörterung die Beschreibung einiger besonderen Fälle vorauszuschicken.

Rhipsalis Saglionis Lem. Dieser Halbstrauch bietet ein lehrreiches und in mancher Beziehung typisches Verhalten dar. Mit Uebergehung aller Einzelheiten, bezüglich deren auf eine frühere Arbeit verwiesen sein mag, wollen wir hier nur folgende Punkte über den morphologischen Aufbau desselben hervorheben. Die Pflanze besitzt zweierlei Sprossformen, Lang- und Kurzsprosse welche jedoch durch Mittelbildungen mit einander verbunden sind. Die ersteren sind lang, peitschenförmig, mit kräftiger Holzbildung, versehen; die letzteren kurz, tonnenförmig, mit vorwiegender Entwickelung des parenchymatischen Gewebes. Jene stellen das Gerüst des Verzweigungssystems dar; diese vertreten in physiologischer Beziehung die Blätter, welche an beiden Sprossformen so klein sind, dass sie für die Ernährungsfunctionen nicht in Betracht kommen. Die kräftigsten Langsprosse treten aus dem Boden

hervor, und sind, wie die schwächeren gleichnamigen Bildungen, während ihrer Entwickelung mässig negativ geotropisch. Aus ihren Apicaltheilen entspringen Kurzsprosse oder, was häufiger, Mittelbildungen, welche weiterhin erst die Kurzsprosse erzeugen. Die letzteren produciren wieder Kurzsprosse, und zwar in Ein- bis Vierzahl lediglich an den Spitzen. An diesen Sprossformen konnte kein negativer Geotropismus wahrgenommen werden; ihre Bildung geht sowohl vor sich, wenn der Mutterzweig nach oben gerichtet ist, als wenn er jede beliebige andere Lage hat. Doch wurde beobachtet, dass im Allgemeinen die abwärts gerichteten eine geringere Productionsfähigkeit zeigen, als die nach oben sehenden. Im Ganzen entstehen so dichte Büschel von Kurzsprossen, deren einzelne Glieder alle möglichen Stellungen einnehmen.

Was dagegen die Langsprosse betrifft, so entspringen dieselben im normalen Verlaufe des Wachsthums nur aus Lang-, nicht aus Kurzsprossen; die Orte ihres Ursprungs aber sind verschieden. Am aufrechten Mutterzweige entstehen sie an dessen apicalem Theile, am geneigten an der Spitze ringsum, und von da aus auf der Oberseite. Beschreibt der Mutterzweig während seines Wachsthums eine Krümmung, oder wird diese, was sehr häufig vorkommt, durch die Belastung hergestellt, welche der Zweig in Folge der Sprossbildung an seiner Spitze erfährt, so bilden sich die Langtriebe vor und auf der Krümmung. Ist, wie es am Rande der Töpfe häufig vorkommt, der ganze Mutterzweig in die Krümmung hineingezogen, so entspringen die Tochterbildungen aus bekannten Ursachen unmittelbar an der Basis.

Allein es entspringen die Langtriebe auch an den Basen aufrechter Zweige, und zwar sind es in der Regel gerade die kräftigsten, welche an diesen Orten ihren Ursprung nehmen. Zumal im Frühjahr kann man die Entstehung dieser Form der Innovations-Sprosse leicht beobachten. Welche Ursachen den Ort dieser Triebe, die sonst in allen Punkten den übrigen Langsprossen gleichen, bedingen, konnte nicht festgestellt werden. Dieselben sind hier, wie in den alsbald zu besprechenden ähnlichen Fällen, zweifellos innere.

Um mich über die Entstehung dieser Sprosse und das sonstige Wachsthum der Pflanze noch weiter zu unterrichten, führte ich

einige einfache Versuche aus. Es wurden Langzweige von der Pflanze getrennt, und, nachdem alle Seitensprosse führenden Theile von ihnen entfernt waren, als Stecklinge verwerthet. Dasselbe geschah gleichzeitig mit Kurzsprossen, und zwar sowohl mit einzelnen, als mit kleineren und grösseren Büscheln derselben. Im letzteren Falle wurde der älteste Spross je nach Bedürfniss mehr oder weniger tief in Erde gesteckt.

Die normal eingesetzten Langsprosse erzeugten an ihren Basen Wurzeln, an ihren Spitzen Triebe, und zwar sowohl kurze als Mittelbildungen, aus denen weiterhin Kurzsprosse hervorgingen. An den Basen waren zunächst keine Triebe sichtbar, wohl aber entstanden hier Langsprosse nach etwa drei Jahren, zu einer Zeit, in der auch an der Spitze zwischen den dort vorhandenen Bildungen Langtriebe erzeugt wurden. Waren dagegen die Zweige, wie es in mehreren Fällen geschah, verkehrt eingesetzt, so erzeugten sie an den in der Luft befindlichen Basen Wurzeln, gingen aber später ausnahmslos zu Grunde.

Auch die Kurzsprosse erzeugten an ihren Basen Wurzeln; war ein Büschel gesteckt, so geschah es an der Basis des ältesten Sprosses. Aus den Spitzen dagegen gingen reichlich Kurztriebe hervor, die eine freudig grüne Farbe besassen. In den ersten zwei Jahren wurden nur Kurztriebe hervorgebracht; dann aber entstanden an den ältesten Kurzsprossen dicht über oder unter der Erde Langtriebe, die jedoch nur von geringer Entwickelung waren. Im nächsten Jahre erst folgten Bildungen von grösserer Länge, welche in allen Stücken echte Langtriebe darstellten, und ebenfalls an den zuletzt bezeichneten Orten ihren Ursprung nahmen.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass die Kurzsprosse, welche im normalen Verlaufe des Wachsthums keine Langtriebe erzeugen, dies zu thun im Stande sind, sobald sie von der Mutterpflanze getrennt werden. Sie verhalten sich somit wie Blätter, die unter ähnlichen Bedingungen ebenfalls heterogene Bildungen hervorbringen. Den Blättern gleichen sie auch darin, dass die abweichenden Sprossungen an der Basis, und nicht an der Spitze entstehen. Es war in meinen Versuchen fast ausnahmslos der unterste Kurzspross des Systems, welcher aus seinem mittleren und unteren Theile die fraglichen Langtriebe hervorgehen liess.

Die beiden Sprossformen zeigen, wenn sie von der Mutter-

pflanze getrennt werden, bei der Regeneration den polaren Gegensatz in auffallender Weise. Erst nach längerem Wachsthum treten neue Verhältnisse ein: es werden an der Basis Bildungen erzeugt, welche mit den dort in der früheren Periode producirten nichts gemein haben, die Langsprosse. Wir begegnen damit der einfachen Form einer Erscheinung, die bei Stauden und Sträuchern in den mannigfaltigsten Variationen auftritt, und von der im Nachfolgenden noch einige bezeichnende Fälle vorgeführt werden sollen.

Heterocentron diversifolium gleicht der eben besprochenen Art in allen wesentlichen Punkten des Wachsthums. Aus dem Boden entspringen kräftige Laubzweige, welche mit verhältnissmässig grossen Blättern besetzt sind. Anfangs gerade aufwärts wachsend, neigen sie sich später in ihrem apicalen Theile in weitem Bogen. Während das Spitzenwachsthum dieser Zweige allmälig erlischt, gelangen ihre Achselsprosse zur Entwickelung. Von diesen bilden die höchst gelegenen des aufrechten, basalen Theiles und die des aufsteigenden Bogenstückes die längsten Triebe; nach der Spitze hin werden die Seitensprosse kürzer, führen kleinere Blätter und gehen später in Blüthenbildung über; die erstgenannten längeren Triebe verhalten sich dagegen wie die Mutterzweige, abgesehen davon, dass sie deren Länge selten erreichen. — Ausser den genannten Bildungen erzeugen nun die langen Hauptsprosse auch an ihrer Basis von Zeit zu Zeit dicht über oder unter der Erde Innovationstriebe, deren Entwickelung meistens mit bedeutender Energie erfolgt, und die das Wachsthum der Mutterzweige in allen Punkten wiederholen.

Für die an den beiden genannten Pflanzen charakterisirte Wachsthumsart lassen sich leicht weitere Beispiele finden. Wir wenden uns nun zu den Sträuchern.

Berberis vulgaris L. weist Verhältnisse auf, welche denen der letztbesprochenen Art durchaus gleichen. Aus dem Boden erheben sich lange und kräftige Zweige, die senkrecht empor wachsen. Aus ihnen gehen an der Spitze Seitenäste hervor, welche sich wieder vielfach verzweigen, sodass zuletzt ein wahres Gewirre kleiner Zweige entsteht. Unter der Last dieser kleinen Kronen beugen sich die Mutterzweige, bis sie schliesslich einen weiten Bogen bilden; in anderen Fällen kommt die Krümmung in Folge einseitiger Beleuchtung oder auf Grund der Wirkung beider

Ursachen zu Stande. Ist sie eingetreten, so bilden sich auf der Oberseite derselben, sowie an der oberen Partie des verticalaufrechten Theiles Langsprosse, die sich an ihren Spitzen verzweigen, und, wenn keine Stütze vorhanden ist, später ebenfalls beugen. (Taf. II Fig. 2 bei a,a.) — Ausser an den angegebenen Orten entstehen nun, und zwar wieder die kräftigsten, Langsprosse an der Basis der Hauptaxen unter oder nahe über der Erde. Sie stellen die das Leben des Strauches in bevorzugter Weise fortsetzenden Organe dar, und werden gewöhnlich in so grosser Menge erzeugt, dass nur ein Theil von ihnen zu gedeihlicher Entwickelung gelangen kann, während die übrigen in dem Zweiggedränge zu Grunde gehen.

Dass die Blüthenstände nur aus den dünnen und schwachen Gliedern der späteren Verzweigungen hervorgehen, braucht kaum noch besonders erwähnt zu werden.

Sambucus nigra L. würde nach dem eben Gesagten kaum noch genannt werden, wenn sie nicht ein lehrreiches Verhalten darböte. Wie bekannt, erzeugt diese Pflanze lange, meist üppig wachsende Laubtriebe, welche, anfangs senkrecht aufwärts gerichtet, später in weitem Bogen derart überneigen, dass das apicale Ende in etwa horizontale Lage gelangt. In der nächsten Vegetationsperiode entstehen an der Spitze derselben zuerst, sodann auf und vor der Krümmung Triebe. Von diesen erreichen die am zuletzt genannten Orte stehenden die grösste Länge und bleiben vegetativ; ihnen folgen, und zwar mit abnehmender Stärke, die der Krümmung, welche auch noch sämmtlich oder theilweise vegetativ sind. Die nun die weitere Länge des Zweiges einnehmenden Sprosse werden nach der Spitze hin immer kürzer, und erzeugen an ihren Scheiteln Blüthenstände. — Diese Folge der Sprosse, der Uebergang von den vegetativen zu den Blüthenstand-führenden, die allmälige Abnahme der Länge derselben und das Auftreten der Blüthenstände an den Orten geringeren Wachsthums, sind in hohem Maasse instructiv.

Symphoricarpus. In den vorhin beschriebenen Fällen waren die an den Basen der Hauptaxen entstehenden Innovations-Sprosse orthotrop, und glichen in jeder Beziehung den an anderen Orten entstandenen Langtrieben. Wir wollen nunmehr Fälle studiren, in welchen die beiden Bildungen verschieden sind.

S. vulgaris Michx. Aus dem Boden erheben sich kräftige Zweige, die sich an den Spitzen vielfach verästeln. Wie bei Berberis, so treten auch hier Krümmungen der Hauptaxen, und in Folge davon die bekannte Sprossbildung ein. — Haben die Hauptaxen eine gewisse Stärke erreicht, so erzeugen sie an ihren Basen, meist dicht über der Erdoberfläche, Innovationssprosse, welche nicht aufwärts, sondern horizontal auf dem Boden hinwachsen. Dieselben sind mit stattlichen, in zweigliedrigen alternirenden Quirlen stehenden, Laubblättern besetzt, haben lang andauerndes Spitzenwachsthum, und erreichen gewöhnlich eine beträchtliche Länge.

Die Ursache der angegebenen Wachsthumsrichtung ist, wie kaum zu bezweifeln, die Schwerkraft; die Zweige sind horizontalgeotropisch. Befestigt man kurze, noch in raschem Wachsthum begriffene Zweige in aufrechter Stellung, so krümmen sie sich, bis sie horizontale Lage erlangt haben. In dieser wachsen sie oft bis zur Länge eines Fusses in gerader Richtung fort, um sich dann aber, offenbar unter der Last ihres Eigengewichtes, zu senken, bis sie den Boden erreicht haben, und an der Oberfläche desselben fortsprossen. Der Versuch wurde mit 10 Zweigen angestellt, die sich sämmtlich gleich verhielten mit Ausnahme eines einzigen, welcher in der ihm aufgenöthigten Lage nach oben fortwuchs. Ein Einfluss des Lichtes auf die Wachsthumsrichtung konnte nicht wahrgenommen werden. Die Zweige entwickelten sich in der angegebenen Art, gleichviel, ob sie vom intensiven Sonnenlicht getroffen wurden, oder von oben mässig beschattet waren, oder endlich sich unter einem übergestülpten Gefässe im dunklen Raume befanden. — Besonders lehrreich war ein Fall, in welchem der Zweig nicht dicht über der Erde, sondern ausnahmsweise in einer Entfernung von etwa 20 Cent. über derselben entsprang. Dieser Zweig wuchs bei voller Beleuchtung von oben um mehr als Fusses Länge in horizontaler Richtung fort, dann erst begann er, sich langsam abwärts zu senken.

Soweit ich gesehen, stellen die horizontalen Zweige mit dem Schluss der ersten Vegetationsperiode ihr Spitzenwachsthum ein. Im folgenden Jahre gelangen die in jener angelegten Achselknospen zur Entwickelung, bilden nun aber aufrecht wachsende Triebe. Liegt der Zweig dem Boden an, so entstehen auf seiner Unterseite

an den Knoten Adventiv-Wurzeln. Will man die Pflanze vermehren, so braucht man nur die Internodien solcher Zweige zu durchschneiden; es entstehen dadurch so viele selbstständige Pflanzen, als Knoten vorhanden sind. — Lässt man dagegen die Zweige jahrelang ungestört an der Pflanze verharren, so bieten sie eine auffallende Erscheinung dar. Bei mässigem Wachsthum der Internodien schwellen die Knoten dick an, und geben einer Menge von Wurzeln und Knospen nebst Trieben den Ursprung; das Ganze stellt dann eine compacte Masse dar. — Um zu erfahren, wie sich solche alte Zweige in abnormer Lage verhalten, wurden mehrere derselben von der Mutterpflanze getrennt, ihre Wurzeln bis auf die des basalen Knotens und ferner sämmtliche Seitensprosse entfernt, und sie selbst dann aufrecht in den Boden gesetzt. Die meisten der so behandelten Objecte starben ab; zwei derselben dagegen erzeugten an ihren oberen Theilen einige Triebe, deren Entwickelung aber nur schwach war. In der Folge gelangten Knospen des unteren, im Boden befindlichen Knotens zur Entwickelung; die so erzeugten Triebe waren kräftig, bildeten ihre eignen Wurzeln, und wurden somit unabhängig vom Mutterzweige, der später zu Grunde ging.

Wie erwähnt, erzeugen die horizontalen Zweige in der ersten Vegetationsperiode nur Knospen, keine Sprosse. Es geschieht dies aber, wenn ihr Spitzenwachsthum unterbrochen wird; sowohl die nunmehrigen Apicalknospen, als auch weiter rückwärts liegende Augen gelangen dann zur Entwickelung. Das Wachsthum der nun entstehenden Triebe ist aber, soweit meine bisher angestellten Beobachtungen reichen, ein verschiedenes. Im einen Falle kommen nur ein oder zwei Apicalknospen zur Ausbildung; sie bilden Triebe, welche im Wachsthum der Mutteraxe gleichen, und horizontal auf dem Boden hinkriechen. Im andern Falle entwickelt sich eine ganze Reihe von Seitenknospen zu Sprossen, die sich negativ geotropisch emporrichten, und deren apicale keinen erheblichen Vorzug vor den übrigen besitzen. Welcher Fall aber der am häufigsten vorkommende ist, vermag ich einstweilen nicht zu sagen.

S. racemosus Michx. Diese Art gleicht im Allgemeinen der vorigen, weicht aber bezüglich der horizontalen Sprosse ab.

An den basalen unterirdischen Theilen der Hauptaxen des Strauches entspringen echte Rhizome, welche von spargelähnlicher

Gestalt, mit Niederblättern besetzt sind, und horizontal unter der Bodenoberfläche hinwachsen. Im nächsten Frühjahr erheben sie sich mit ihren Spitzen vertical aus der Erde empor, entwickeln Laubblätter, und wachsen nun zu oberirdischen Hauptaxen heran.

Dass das Wachsthum dieser Rhizome ebenfalls auf Horizontal-Geotropismus beruht, ist kaum zu bezweifeln; genauer untersucht wurden sie jedoch daraufhin nicht. Wohl aber wurde ihr Verhalten einer ihnen künstlich aufgenöthigten Lagenänderung gegenüber studirt. Die sehr spröden, noch im vollen Wachsthum begriffenen Rhizome wurden in weitem Bogen gekrümmt, mit ihrem apicalen Theile in aufrechter Stellung befestigt, und dann theils mit Erde, theils mit grossen Töpfen bedeckt. — Es ergab sich, dass die Triebe die ihnen künstlich verliehene Richtung nunmehr beibehielten, und, sobald sie die Erde verlassen hatten, anstatt der Niederblätter Laubblätter erzeugten. Durch die gewaltsame Aufrichtung wurden die Zweige veranlasst, ihrer Entwickelung vorzugreifen, und zwar geschah dies, gleichviel, ob dieselben in ihrem apicalen Theile mit Erde bedeckt waren, oder nicht. — Der Versuch, die Zweige im Boden mit ihren Spitzen in verticalverkehrter Richtung zu befestigen, wurde bisher nicht angestellt.

Lycium barbarum L. Die Folgen, welche eine Krümmung der Langzweige nach sich zieht, zeigen sich an dieser Pflanze in auffallender Weise. Die schlanken Laubzweige wachsen anfangs senkrecht empor, neigen sich dann aber in weitem Bogen. An den kräftigeren Tochtersprossen, welche nun vor und auf der Krümmung reichlich entstehen, wiederholt sich das gleiche Spiel; und so kommt schliesslich das dichte Zweiggeflecht zu Stande, welches diesen Strauch auszeichnet.

Wie die beiden letztgenannten Pflanzen, so erzeugt auch Lycium unter der Erdoberfläche Innovationssprosse, welche mehr oder weniger weit horizontal im Boden hinkriechen; dieselben sind mit fleischigen, schuppenförmigen Niederblättern besetzt, und von characteristischem Ansehen. Aus unbekannten Ursachen verändern sie ihre Wachsthumsrichtung, werden negativ geotropisch, treten, und zwar manchmal in beträchtlicher Entfernung von der Mutterpflanze, aus der Erde hervor, und stellen nun normale Laubsprosse dar.

Die angeführten Umstände würden jedoch nicht vermocht

haben, unserer Pflanze hier noch eine besondere Besprechung zu Theil werden zu lassen, wenn nicht ein anderer Umstand dazu Veranlassung gäbe. Im ersten Theile unsrer Arbeit (S. 62 und 216 ff.) wurden die Reproductions-Erscheinungen an abgeschnittenen Lycium-Zweigen erörtert. Es war dabei besonders merkwürdig, dass an den in Erde gesetzten Zweigen, wenn sie sich in verkehrter Stellung befanden, an den Spitzen im Bereich der Erde Rhizome erzeugt wurden, während die aufrecht gesetzten an ihren Spitzen normale Laubtriebe, an den Basen aber während der dort angegebenen Versuchsdauer keine Rhizome bildeten. Dieselben entstehen aber, — und dies ist hier nachzutragen — wenn man die Objecte, am besten im Freien, einer längeren Entwickelung überlässt. Das Wachsthum der Pflanze gleicht dann also in der Hauptsache dem von Symphoricarpus racemosus.

Eine besondere Beachtung verdient der Umstand, dass die in verkehrter Richtung eingepflanzten Zweige an ihren Spitzen im Bereich der Erde Rhizome, über derselben aber Laubsprosse erzeugten. Offenbar ist es das Medium, welches für den Entwickelungs-Modus der ursprünglich indifferenten Knospen maassgebend war: in der Luft entstehen Laubsprosse, in der Erde Rhizome. — Weitere Mittheilungen über diesen Gegenstand werden an anderem Orte erfolgen.

Indem wir auf die Besprechung weiterer Einzelheiten verzichten, fassen wir unter Hinzufügung einiger noch nicht erörterter Momente das im Vorstehenden Gesagte kurz zusammen.

Das Wachsthum eines Strauches, sein Habitus, wird in erster Linie durch Factoren bedingt, welche in dem specifischen Aufbau der Art liegen, und sich der directen Untersuchung einstweilen entziehen. Zu diesen treten äussere Momente, deren Bedeutung für den Habitus, wenn auch beträchtlich hinter den der inneren zurückbleibend, doch nicht ohne Belang ist.

Als wichtigster ist hier zunächst der Umstand zu nennen, dass in Folge der Last ihres Eigengewichtes oder einseitiger Beleuchtung die Hauptzweige sehr gewöhnlich eine Beugung erfahren, welche aus den früher entwickelten Gründen die Entstehung von Langzweigen vor und auf der Krümmung nach sich zieht. Die

Fortdauer dieses Processes wirkt, wie ohne Weiteres ersichtlich, darauf hin, eine rasche Erhebung des Strauches vom Boden zu verhindern.

Die gleiche Wirkung wird in andern Fällen durch den Umstand erzielt, dass die apicalen Theile der Jahrestriebe eines Strauches zu schwach sind, um die Winterkälte zu überdauern, und daher fast alljährlich absterben; so bei Clerodendron-, Indigofera- und anderen Arten. Auch Paeonia arborea Don. und Vitex Agnus castus L. verhalten sich ähnlich, doch mag dahin gestellt bleiben, welche Ursachen das Absterben ihrer Zweigspitzen bedingen. In diesen Fällen vermag sich die Apicalwirkung erst in niederer Region zu äussern, ein Verhältniss, das ebenfalls einem raschen Aufwärtswachsen des Strauches im Wege steht.

Auch die Thatsache wirkt auf den gleichen Effect hin, dass manche Arten, wie Syringa u. a. terminale Blüthenstände erzeugen. Doch dürfte diesem Umstande keine grosse Bedeutung beizulegen sein, da auch die Zweige von höchst stattlichen Bäumen, wie Aesculus Hippocastanum L., grosse terminale Blüthenstände führen.

Von den vorhin genannten äusseren Factoren abgesehen, beruht der Höhenwuchs der Sträucher, wie erwähnt, der Hauptsache nach jedenfalls auf inneren Momenten. Haben die Hauptglieder eines Strauches mit ihren Verzweigungen eine gewisse Höhe erlangt, so nimmt die Energie ihres Wachsthums rasch ab; die Apicaltriebe werden kürzer und kürzer. — Dafür tritt aber eine Erneuerung an der Basis der Hauptglieder ein; dort werden Innovations-Sprosse erzeugt, welche bald direct emporwachsen, bald als Rhizome im Boden verweilen. Im letzteren Falle treten sie später mit ihren Spitzen entweder selbst über die Erdoberfläche, oder sie senden ihre Tochtersprosse empor, die nun das Wachsthum der Hauptglieder in allen Stücken wiederholen.

Die Ursachen, welche die Entstehung der Innovations-Sprosse an der Basis der Hauptzweige bedingen, sind offenbar innere. Wahrscheinlich handelt es sich hier um Verhältnisse, wie sie früher bei der Reproduction von Gebilden mit begrenztem Wachsthum beobachtet wurden. Wie an einem Blatt Wurzeln und Sprosse an der Basis erzeugt werden, so gehen aus den Zweig-Basen der fraglichen Sträucher neben den Wurzeln Triebe hervor, sobald das Höhenwachsthum der Glieder seiner Grenze naht.

Bäume.

Wir wenden uns nun zu den Bäumen, unter denen wir zwei Gruppen zu unterscheiden haben. Die eine umfasst alle diejenigen Formen, welche normal aufrecht wachsen, die zweite wird gebildet von den sogenannten „hängenden Bäumen" oder „Trauerbäumen". („Arbres pleureurs", „weeping trees".) Mit den letztern soll begonnen werden.

A. Trauerbäume.

Der Umstand, dass die Trauerbäume, wie sich später ergeben wird, für das Verständniss des Aufwärtswachsens der Pflanze von maassgebender Bedeutung sind, veranlasste mich schon vor Jahren, dieselben einer genaueren Beobachtung zu unterwerfen. Die gewonnenen Ergebnisse, noch nicht in allen Punkten zu spruchreifen Urtheilen berechtigend, können hier daher nicht ausführlich mitgetheilt werden, und sollen einer speciellen Behandlung vorbehalten bleiben. Heute greifen wir nur diejenigen Punkte heraus, welche für den Gang unsrer gegenwärtigen Darstellung unentbehrlich sind.

Die in den Gärten cultivirten Formen der Trauerbäume stellen Varietäten der normal aufrecht wachsenden Arten dar. Dass sie aus diesen hervorgegangen sind, ist für die einen festgestellt, für andere auf Grund ihres gesammten morphologischen Baues höchst wahrscheinlich. Einige der hängenden Varietäten übertragen ihren Charakter auf die Nachkommen, andere dagegen liefern Sämlinge, welche auf die aufrechte Mutterart zurückschlagen. So waren die Nachkommen einer Trauereiche sämmtlich hängend; unter Tausenden von Sämlingen der Traueresche dagegen fand sich nicht einer, welcher der Mutter geglichen hätte, alle wuchsen vielmehr aufrecht[1]).

Die Fortpflanzung der Trauerbäume geschieht fast ausnahmslos durch Veredlung; Reis oder Auge der hängenden Varietät wird einem Stamm der mütterlichen aufrechten oder einer verwandten Art eingesetzt. In diesem Umstande liegt eine Erschwerung für die Beurtheilung mancher Wachsthumsverhältnisse insofern, als man beim Auftreten anomaler Erscheinungen in Zweifel

[1]) Nach *Darwin*. Das Variiren der Thiere und Pflanzen. Stuttgart 1873. II, p. 20 ff.

geräth, ob dieselben nicht auf einen Einfluss der aufrechten Unterlage zurückzuführen seien. Man ist daher, um ein möglichst reines Resultat zu erhalten, genöthigt, die Bäume aus Stecklingen oder aus Samen zu ziehen, und gerade in diesem Punkte sind meine Untersuchungen, welche sich erst über den engen Zeitraum weniger Jahre erstrecken, noch unzureichend. Uebrigens ist hierbei noch zu bemerken, dass dieser Umstand bei der Beantwortung der uns gegenwärtig beschäftigenden Frage kaum in Betracht kommt.

Die Zahl der Baumarten, welche hängende Varietäten erzeugt haben, ist schon eine beträchtliche, und wird unter den Händen der Züchter beständig vermehrt. Die ausgedehnte Formenreihe, welche der Beobachtung unterworfen wurde, glaube ich unter vier Typen bringen zu können, welche an passenden Beispielen erläutert werden mögen.

1. Typus. Die Bäume zeigen kein Bestreben, emporzuwachsen.

Sophora japonica L. var. pendula. (Taf. I, Fig. 2.) Diese Form stellt einen der ausgeprägtesten Trauerbäume dar, und dürfte bezüglich des Interesses, das sie gewährt, alle übrigen hinter sich lassen. Ihre Fortpflanzung geschieht ausschliesslich durch Veredlung auf Stämme der normalen aufrechten Art.

Oberhalb der Veredlungsstelle bildet die Pflanze niemals aufstrebende Aeste; die sämmtlichen kräftigen Zweige sind, und zwar in ihrem basalen Theile, in engem Bogen derart abwärts gekrümmt, dass sie ihrer ganzen übrigen Länge nach senkrecht nach unten sehen.

Beobachtet man die langen herabhängenden Zweige im Frühjahr, so ergiebt sich, dass zunächst die Apicalknospen zur Entwickelung gelangen, und zwar je nach der Stärke der Zweige in grösserer oder geringerer Zahl. Ihnen folgen weiterhin höher gelegene, ganz besonders die auf der Oberseite der Krümmung befindlichen. Die hier erzeugten Triebe, anfangs zwar im Wachsthum zurückstehend, holen die der Spitze nicht nur bald ein, sondern eilen ihnen voran, und verlängern sich auch noch zu einer Zeit, in der die letzteren längst ihre Entwickelung eingestellt haben. Schliesslich überragen sie die apicalen bedeutend an Länge, und stellen nun die eigentlichen Verjüngungszweige dar, während die der aufrechten Mutterform die normalen Orte einnehmen.

Die jungen Triebe sind anfänglich negativ geotropisch, und erlangen in Folge dieser Eigenschaft eine etwa horizontale Stellung an den abwärts gerichteten Theilen der Mutterzweige, eine mehr oder weniger aufrechte, wenn sie auf der Krümmung derselben entspringen. Ihre Spitzen zeigen dabei eine schwache Nutation. Sobald aber die Entfaltung der Blätter bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist, ändern sich die angegebenen Lagen; die Triebe neigen sich mehr und mehr, bis endlich die Apicaltheile senkrecht nach unten sehen. Hierbei werden die Nutationskrümmungen an den Spitzen ausgeglichen, und die Sprosse wachsen nunmehr abwärts, wie positiv geotropische Organe. Da bei dieser Wachsthumsrichtung die Blätter in eine der Erfüllung ihrer Functionen nicht entsprechende Lage gelangen, so beschreiben sie mit ihrem Stiel eine Drehung von 180°, um ihre normale Stellung zu gewinnen.

Welche Ursachen die Abwärtskrümmung der anfänglich negativ geotropischen Triebe bewirken, vermag ich mit Bestimmtheit nicht anzugeben. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist es ausschliesslich die verhältnissmässig bedeutende Blätterlast, welche die zum aufrechten Tragen derselben nicht genügend starken Triebe in die abnorme Lage bringt. Für diese Anschauung spricht sowohl der Verlauf des Krümmungsvorganges, als auch eine Anzahl von Experimenten, welche zur Lösung der Frage angestellt wurden. Ob aber die angegebene Ursache die einzig wirksame ist, oder ob bei dem Process noch andere Momente in Frage kommen, ist bis jetzt nicht erledigt.

Höchst bedeutsam ist nun der Umstand, dass die abwärts gerichteten Theile der Zweige von der Spitze aus allmälig absterben; sie werden trocken bis zur Ansatzstelle der kräftigen Tochterbildungen auf der Krümmung. Der Process des Absterbens beginnt gewöhnlich im zweiten Altersjahre der Zweige, und setzt sich nun mehr oder minder rasch nach der Basis hin fort. Er kann Jahre in Anspruch nehmen, aber auch plötzlich und rasch erfolgen; er kann im Winter stattfinden, aber auch mitten in der Vegetationsperiode eintreten. In letzterem Falle sieht man unerwartet die Blätter der den betreffenden Zweigtheilen angehörenden Seitentriebe welk werden, und später nebst den letzteren vertrocknen. — Da der beschriebene Vorgang, wie erwähnt, sich stets

bis zu den kräftigen Tochterzweigen auf der Krümmung fortsetzt, sich an den letzteren wiederholt, und so fort; da ferner die Gärtner die trocknen Theile nach und nach entfernen, so bietet die Krone eines älteren derartigen Baumes ein überraschendes Astsystem dar. Von der Veredlungsstelle gehen einige kräftige Aeste aus, die sich fortgesetzt vielfach verzweigen. Jeder Ast des Systems stellt ein kurzes bogenförmig gekrümmtes Stück dar, dem eine oder mehrere ähnliche Tochterbildungen terassenförmig aufgesetzt sind. Je nach dem Ursprung der letzteren, ob auf dem höchsten oder einem tiefer gelegenen Punkte der Krümmung, erhebt sich eine der beschriebenen Astreihen mehr oder weniger über die Veredlungsstelle empor; nur die letzten Glieder des Verzweigungssystems hangen, wie oben angegeben, senkrecht nach unten. — Eine derartig gebaute ältere Baumkrone steht unter allen Paradoxien, welche der Baumwuchs erzeugt, zweifellos obenan. Einige solche Exemplare, welche in der Nähe von Basel vorkommen und zu meinen Beobachtungs-Objecten gehören, sind mir immer wie lebendige Widersprüche in der Natur erschienen.

Das Absterben der nach unten gerichteten Zweigtheile beruht offenbar auf unzulänglicher Ernährung. Diese selbst aber findet ihre Erklärung, wie kaum zu bezweifeln, in den Momenten, welche früher aufgeführt wurden, als es sich um die Ursache für die mangelhafte Entwickelung der Apicaltriebe an den künstlich gekrümmten Zweigen handelte. Die fraglichen Factoren, welche dort oft nur eine Schwächung des Wachsthums der Apicalsprosse hervorriefen, wirken auf die Zweige der hängenden Sophora in einem solchen Grade störend ein, dass ihre sämmtlichen in abnormer Lage befindlichen Theile zu Grunde gehen. Es wäre sonach erstens die Schwerkraft, sodann die durch die Krümmung verursachten mechanischen Bedingungen, welche die mangelhafte Ernährung der abwärts gerichteten Zweigtheile und dadurch deren Tod herbeiführen. — Der Gedanke, dass dabei auch eine unzulängliche Beleuchtung mitwirken möchte, ist aus dem Grunde von der Hand zu weisen, weil die fraglichen Erscheinungen auch an hell bestrahlten Objecten auftreten.

So lange der Baum jung ist, entwickeln sich die auf den Krümmungen entstehenden Zweige mit bedeutender Energie; die von ihnen erreichte Länge beträgt nicht selten 4—5 Fuss. Zweige

gleicher Länge kommen an aufrecht wachsenden Bäumen entsprechenden Alters nur dann vor, wenn dieselben stark zurückgeschnitten wurden, oder durch sonst einen äusseren Eingriff ihre oberen Theile verloren. Die nun an solchen Objecten auftretenden Wasserschosse gleichen, von der Wachsthumsrichtung abgesehen, durchaus unsern gekrümmten Zweigen. Und in der That sind es ja ähnliche Bedingungen, welche die Entstehung der letzteren hervorrufen; das allmälige Absterben der Zweige kann als ein von der Natur ausgeführtes stetes Zurückschneiden derselben betrachtet werden, und hat den gleichen Erfolg, wie die künstliche Verkürzung.

Caragana arborescens Lam. var. pendula gehört zwar, soweit ich habe beobachten können, durchaus dem Typus der eben besprochenen Form an, soll hier aber doch eine kurze Erörterung finden. Sie wird ebenfalls, und zwar auf etwa 1 Meter hohe Stämme der aufrecht wachsenden Mutterform veredelt.

Auch diese Varietät erzeugt keine aufstrebenden Aeste; die hängenden dagegen entstehen in grosser Zahl, und bilden von der Veredlungsstelle aus einen dichten und bei freier Stellung der Pflanze meist sehr regelmässigen Schirm. Das Wachsthum des einzelnen Zweiges gleicht dem oben bei Sophora beschriebenen; auch hier bleiben die Apicaltriebe kurz, während die Knospen auf der Oberseite der Krümmung sich zu stattlichen Langzweigen entwickeln. Auch hier steht das Wachsthum an den Spitzen der letzteren früh still; die aufeinander folgenden Sprossgenerationen nehmen sehr rasch an Länge ab, so dass sie bei der oben angegebenen Stammhöhe etwa den Boden erreichen und gelegentlich auf diesem hinwachsen. Alle diese nach unten gerichteten Theile sind im Frühjahr dicht mit Blüthen bedeckt.

Wie bei Sophora, so sind auch hier die jungen Laubsprosse negativ geotropisch; ihre Krümmung tritt auch hier erst nach Erreichung einer gewissen Länge ein. Ob es lediglich das Gewicht der Blättermasse ist, welches die Beugung hervorruft, oder ob dabei noch andere Factoren im Spiele sind, muss dahin gestellt bleiben.

Die weitgehenden Störungen im Wachsthum, welche an den abwärts gerichteten Theilen der Sophora beobachtet wurden, konnten hier nicht wahrgenommen werden. So lange die Zweige

ausreichend beleuchtet sind, bleiben sie, soweit ich gesehen, frisch und gesund; tritt aber Lichtmangel ein, so sterben sie allmälig ab. Schwache Beleuchtung aber findet regelmässig bei den älteren, nach innen gerichteten Theilen des Schirmes statt, welche von den jüngeren Zweigen gleich einem dichten Ueberzuge bedeckt werden; daher findet man unter jenen Theilen zahlreiche vertrocknete Aeste und Zweige. Uebrigens mag es dahin gestellt bleiben, ob es ausschliesslich Lichtmangel ist, welcher den Tod der fraglichen Zweige herbeiführt; wahrscheinlich findet dabei eine Mitwirkung aller jener störenden Factoren statt, welche oben erörtert wurden.

2. Typus. Es findet eine allmälige Erhebung des Baumes statt durch vereinzelt auftretende aufrechte Zweige.

Fraxinus excelsior L. var. pendula weicht von den vorigen in mehr als einem Punkte ab.

Die Mehrzahl der Aeste hängt von der Veredlungsstelle in einem meist weiten Bogen nach unten. Die an ihnen entstehenden jungen Triebe wachsen entweder in der durch ihren Anlageort gegebenen beliebigen Richtung, nach unten, horizontal oder geneigt nach oben, oder sie krümmen sich anfänglich bogenförmig aufwärts. Im Allgemeinen sind es die Terminaltriebe, welche sich in der durch das Mutterorgan bedingten Richtung entwickeln, während die auf sie zunächst folgenden, meist etwas schwächeren Sprosse häufig geringe geotropische Aufwärtskrümmung zeigen. Später dagegen neigen sich alle unter der Last ihrer Blätter abwärts, und wachsen nun geneigt nach unten. Welche Bedeutung die Blätterlast hier hat, kann man leicht daran erkennen, dass sich die Zweige sofort mehr oder weniger weit aufrichten, wenn man die Blätter entfernt.

Die Entwickelung der Knospen im Frühjahr ist an den hängenden Zweigen etwa die gleiche, welche in den beiden früheren Fällen beobachtet wurde. Auch hier sind es die Apicalknospen, welche in der Entwickelung voranschreiten, und deren Triebe in manchen Fällen während der ganzen Vegetationsperiode einen derartigen Vorzug bewahren, dass sie am Schluss derselben allen Schwestersprossen an Ausbildung voranstehen. Häufig dagegen entwickeln sich auch hier an den abwärts geneigten Zweigen

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

solche Knospen zu den längsten Trieben, welche auf ihrer Oberseite höher gelegen sind. Ganz besonders die auf den Krümmungen entstehenden Sprosse erfahren eine bevorzugte Entwickelung, und auch hier wird daher der Schirm, welchen die Krone des Baumes darstellt, beständig von obenher erneuert.

Ein Unterschied von den beiden früher besprochenen Formen besteht nur darin, dass hier die nach unten gerichteten Zweige lange Zeit ihre Wachsthumsfähigkeit bewahren, ja es kann das Spitzenwachsthum, wenn die Krone sich in genügender Höhe über der Erde befindet, viele Jahre andauern. Doch beobachtet man dann, dass die Länge der Apicaltriebe, welche anfänglich sehr beträchtlich ist, allmälig abnimmt, bis die letzteren nur noch sehr kurze Glieder darstellen. Dass an solchen älteren Zweigsystemen ausser den Apicalsprossen stets die Triebe der Oberseiten im Wachsthum begünstigt sind, bedarf keiner besonderen Erwähnung mehr. — Hinzugefügt sei nur noch, dass die Blüthenstände vorwiegend nur an kurzen Zweigen entspringen, gleichviel welchen Ort diese einnehmen, dass sie also bald aus seitlich gestellten, bald aus Apicalzweigen hervorgehen.

Während bei den bisher behandelten beiden Formen niemals aufstrebende Aeste beobachtet wurden, kommen solche bei der Hängeesche ziemlich regelmässig vor. An den höchstgelegenen Orten der Aeste über der Veredlungsstelle entstehen ein oder auch mehrere Zweige, welche senkrecht oder geneigt nach oben wachsen, diese Lage beibehalten, und sich in der Regel durch einen gedrungenen Wuchs auszeichnen. Die von ihnen in der nächsten Vegetationsperiode erzeugten Sprosse sind gewöhnlich wieder hängend, sodass auf diese Weise ein Schirm von Zweigen über dem ersten entsteht. Im weiteren Verlaufe entspringt an einem der höchstgelegenen Orte des oberen Schirmes von Neuem ein aufrechter Zweig, der im nächsten Jahre wieder einen Sprossschirm erzeugt. Es kann jedoch auch geschehen, dass ein aufrechter Zweig alsbald wieder einen aufsteigenden apicalen Tochtersprass bildet, und somit die Erhebung um so rascher bewirkt. Der angedeutete Prozess kann sich nun fortgesetzt wiederholen und so der Trauerbaum von der Veredlungsstelle aus allmälig emporsteigen. Es sind mir derartige alte Stämme vorgekommen, welche 40 und selbst mehr Fuss Höhe hatten. Der Stamm solcher Bäume

ist nicht selten zickzackförmig hin und her gebogen. An den meisten Absätzen — den Abschlüssen der einst aufsteigenden Jahressprosse, — finden sich noch ein oder mehrere hängende Aeste mit gleichartigen Zweigen, sodass ein solcher Baum oft mit zahlreichen Stockwerken versehen ist, welche ihm ein höchst auffallendes Ansehen verleihen.

Die eben beschriebenen Erscheinungen nimmt man jedoch nur an Bäumen in älteren Gärten und bei ungestörtem Wachsthum derselben wahr. An den Stämmen, welche man in Hausgärten bei Laubenzucht beobachtet, kommen die aufstrebenden Aeste nicht zur Entwickelung, da sie von den Gärtnern fast ausnahmslos entfernt werden.

3. Typus. Die Bäume wachsen empor durch nachträgliche negativ geotropische Aufrichtung der anfangs hängenden stärkeren Axen.

Fagus silvatica L. var. pendula. Diese in den Anlagen verbreitete Varietät wird stets auf Unterlagen der aufrechten Art veredelt.

Alle jüngeren Theile der Pflanze hangen senkrecht nach unten. Die im Frühjahr entstehenden Sprosse sind auffallend lang und schwach; sie zeigen keine Spur von negativem Geotropismus, und hangen ihrer ganzen Länge nach schlaff abwärts; ebenso verhalten sich die Johannistriebe im Sommer. Ob diese Sprosse in der That keinen negativen Geotropismus besitzen, wurde bis jetzt nicht entschieden. — Die Anordnung der Triebe ist eine sehr regelmässige. Stets entspringt der längste derselben der Spitze des Mutterzweiges; ihm folgen weitere mit abnehmender Länge. Von einer geotropischen Eigenschaft der Sprosse ist in diesem Alter durchaus nichts wahrzunehmen.

Wie die Traueresche sich allmälig erhebt, so geschieht dies auch, und zwar sehr regelmässig, von der Hängebuche; allein der Vorgang der Aufrichtung ist hier ein völlig verschiedener. Niemals bildet die Buche aufstrebende junge Sprosse, wohl aber besitzen die älteren drei-, vier- und mehrjährigen Theile der Hauptzweige bez. Aeste die Fähigkeit, sich negativ geotropisch emporzurichten. Dieser Prozess geht zwar langsam von statten, aber er bewirkt die Entstehung aufrechter Hauptaxen mit Seitengliedern, welche bald ebenfalls mehr oder weniger erhoben, bald abwärts

gerichtet sind. Die jüngeren Theile aller dieser Axen aber hängen schlaff nach unten. — Auf die angegebene Art bilden sich stattliche, hohe und umfangreiche Bäume, an deren Gliedern sich nicht wahrnehmen lässt, dass ihnen ihr einstiges Abwärtswachsen irgend welchen Nachtheil gebracht habe.

4. Typus. Die Erhebung der Bäume erfolgt durch die vereinigte Wirkung der bei Typus 2 und 3 genannten Momente.

Salix babylonica L. Auch bei dieser Form hängen weitaus die meisten Zweige schlaff nach unten. Verfolgt man das Wachsthum der jungen, eben entstandenen Sprosse, so zeigt sich, dass die der Spitze des Mutterzweiges nahen bald von vornherein abwärts gerichtet, bald negativ geotropisch aufwärts gekrümmt sind, während die höher gelegenen Triebe sich fast ausnahmslos nach oben krümmen. Doch dauert diese Aufrichtung nur kurze Zeit; sobald die Sprosse eine mässige Länge erreicht haben, senken sie sich, offenbar unter der Last ihrer Blätter, und wachsen fortan abwärts. — Von den an einem hängenden Zweige entstehenden Tochtersprossen sind gewöhnlich die apicalen die längsten; daneben kommt es auch häufig vor, dass höher gelegene, selbst in der Nähe der Basis entspringende ein kräftiges Wachsthum erfahren, ja die apicalen überflügeln; Verhältnisse, welche man ohne Frage dem Einflusse der Schwerkraft zuschreiben kann.

Von allen Trauerbäumen erhebt sich S. babylonica am schnellsten, und zwar geschieht dies auf zweierlei Art. Erstens richten sich, wie bei Fagus, die älteren Theile der kräftigeren Zweige und Aeste allmälig empor; dann entstehen nicht selten auf den Krümmungen der Zweige und an dem aufrechten Theile vor denselben Sprosse, welche geneigt oder senkrecht emporwachsen. Die von den letzteren erzeugten Triebe sind zwar der Mehrzahl nach oder sämmtlich wieder hängend, immer aber treten, bald öfter, bald seltener, aufrechte Zweige auf, welche zur Erhebung des Baumes beitragen. Ganz besonders finden sich diese aufrechten Glieder an den Zweigen derjenigen Aeste, welche die Mitte des Baumes einnehmen, und zwar dort an den Orten, die in möglichst verticaler Linie über der Veredlungsstelle liegen.

Soviel über das normale Wachsthum unserer Pflanze, das übrigens bei den einzelnen Individuen mancherlei hier nicht näher

zu erörternde Verschiedenheiten zeigt. Anders ist das Verhalten, wenn man den Baum stark in seinen älteren Theilen zurückschneidet. Es entspringen dann aus den Spitzen der Aeste, unterhalb der Schnittflächen, zahlreiche Zweige, deren weitaus grössere Zahl senkrecht emporwächst, und die erst dann wieder normal hängende Sprosse erzeugen, wenn die durch das Zurückschneiden verursachte Störung im Wachsthum einiger Maassen wieder ausgeglichen ist. — Diese Thatsache verdient einige Beobachtung. Es werden in Folge des Schnittes an den bleibenden Theilen der Aeste Zweige gebildet, welche schon im jugendlichen Alter kräftig genug sind, um negativ geotropisch empor zu wachsen, während sie diese Fähigkeit normal erst in weiter vorgeschrittenem Altersstadium erlangen. — Wurde der gleiche Versuch mit der hängenden Sophora ausgeführt, so entstand auch nicht ein einziger aufrechter Zweig; alle sich entwickelnden, und darunter sehr kräftige, Triebe wuchsen vielmehr in normaler Weise nach unten.

In Salix babylonica bietet sich uns eine Form dar, welche in mehr als einer Beziehung die aufrecht wachsenden mit den Trauerbäumen verbindet. Die weitere Ausführung dieses Umstandes, sowie die Besprechung der mancherlei mit dieser Pflanze angestellten Cultur-Versuche kann hier jedoch nicht erfolgen.

Forsythia suspensa Vahl. Zum Schluss wollen wir hier noch das Wachsthum einer Pflanze erörtern, welche zwar zu den Sträuchern gehört, sich aber in so wesentlichen Punkten den Trauerbäumen nähert, dass sie bei diesen ihren Platz finden mag.

Aus dem Boden erheben sich kräftige, senkrecht emporwachsende Zweige. Ihre im zweiten Jahre erzeugten Apical-Sprosse erfahren gewöhnlich wieder beträchtliche Entwickelung und wachsen negativ geotropisch nach oben. Unter der Last der aufeinander folgenden Zweiggenerationen beugen sie sich jedoch mehr und mehr, bis sie schliesslich in weitem Bogen überhängen. In Folge dessen entstehen nun auf und vor der Krümmung neue, kräftige, emporwachsende Triebe, an denen sich das gleiche Spiel wiederholt. Während dessen verzweigen sich auch die apicalen Sprossgenerationen der überhängenden Hauptaxen weiter; die an diesen erzeugten Triebe aber sind schwach, meist mit langen Internodien und einfachen Blättern versehen, und nehmen zwar verschiedene

Richtungen ein, hangen aber vorwiegend nach unten. In dieser Lage entwickeln sie sich, sodass man im Sommer den unteren und mittleren Theil des Strauches gewöhnlich mit Trieben bedeckt findet, welche senkrecht abwärts wachsen. Sind diese, wie es fast immer der Fall ist, einseitig beleuchtet, so zeigen ihre Spitzen schwache Krümmungen nach dem einfallenden Licht; doch mag dahingestellt bleiben, ob lediglich dieser Factor die, wie gesagt, nur geringe Nutation verursacht, oder ob noch andere Momente dabei im Spiel sind. — In der angegebenen Weise wachsen nun die Triebe zu grösserer oder geringerer Länge heran, bis sie im Herbst ihr Wachsthum einstellen. Welche Ursache ausser dem Eigengewicht ihre Wachsthumsrichtung bestimmt, wurde nicht näher untersucht. — Weicht unsere Pflanze schon bezüglich dieser Sprosse von den sich sonst ähnlich verhaltenden, früher genannten Sträuchern ab, und nähert sich den Trauerbäumen, so geschieht dies beim Weiterwachsthum jener Triebe in noch höherem Grade. Es entwickeln sich dieselben nämlich in der nächsten Vegetationsperiode mit einem Terminaltriebe abwärts weiter, oder sie bilden, wenn die Endknospe zu Grunde gegangen, zwei Apicaltriebe, welche bald ebenfalls nach unten, bald, falls die Spitze des Mutterzweiges den Boden berührte, auf der Oberfläche des letzteren hinwachsen. Solche Sprosse können eine bedeutende Länge erreichen; ich fand sie selbst bis zu einem Meter lang. Sie erscheinen dann in der That wie aufgehängt am Mutterzweige, und verleihen daher dem Artnamen der Pflanze eine volle Begründung.

Wie bei den Trauerbäumen, so ist also auch bei Forsythia suspensa die Apicalwirkung in denjenigen Zweigen von bedeutender Stärke, welche sich in verkehrter Richtung entwickelten, und auf die die Schwerkraft stets in entgegengesetztem Sinne einwirkte. Aus diesem Grunde hat die Pflanze ein besonderes Interesse.

Mit den besprochenen Beispielen von Trauerbäumen wollen wir uns begnügen. Den angeführten vier Typen lassen sich alle mir bis jetzt bekannt gewordenen Formen einreihen.

Wir begannen mit der ausgesprochensten Form von Hängebäumen; derjenigen, welche — von den frühesten Jugendzuständen der Triebe abgesehen, — niemals aufrechte Zweige erzeugt. Ihre

Vertreter waren Sophora japonica var. pendula und Caragana arborescens var. pendula. An diese schloss sich die Hängeesche, deren Zweige der grossen Mehrzahl nach abwärts wachsen, während einzelne die Richtung nach oben einschlagen, und so eine allmälige Erhebung des Baumes bedingen. Den dritten Fall lieferte Fagus silvatica var. pendula. An dieser Pflanze hangen die jüngeren Zweiggenerationen sämmtlich schlaff abwärts, und wachsen in dieser Richtung; die älteren Theile der stärkeren Zweige richten sich jedoch allmälig negativ geotropisch empor, und vermitteln auf diese Weise die Erhebung des Baumes. Die vierte Form endlich vereinigte gewisser Maassen die Eigenschaften der beiden vorigen; sie erzeugt aufstrebende Zweige und daneben hängende, welche sich in ihren älteren Theilen aufrichten. Ungefähr in dieselbe Kategorie, wenn auch von ganz anderer Gestalt, gehört ein Strauch, Forsythia suspensa.

Die erste Entwickelung der Knospen und die weitere Ausbildung der Triebe am Zweige wird, gleichviel, in welcher Richtung der letztere sein Wachsthum ausgeführt hat, und welche endliche Lage er einnimmt, in erster Linie von den bekannten beiden Bedingungen beherrscht, der inneren Ursache und der Schwerkraft. Nirgends vielleicht dürfte das Pflanzenreich eine grössere Mannigfaltigkeit von Combinationen der beiden Ursachen darbieten, als bei den Trauerbäumen; nirgends die Bedeutung individueller Eigenthümlichkeiten gegenüber einer constant wirkenden äusseren Kraft heller in's Auge springen, als bei diesen interessanten Objecten. Im einen Falle haben wir vor uns die einfachen Verhältnisse, welche der künstlich gekrümmte Zweig einer aufrechten Pflanze darbietet, so etwa bei der hängenden Caragana und Sophora. Hier bedingt hauptsächlich die Schwerkraft — von den übrigen in dem gekrümmten Objecte mit ihr in gleichem Sinne thätigen Ursachen mag an diesem Orte abgesehen werden, — den Ort der stärksten Langtriebe; sie hemmt das Wachsthum an den Spitzen der Zweige, ein Umstand, der sich in geringerem Grade bei Caragana, in hohem bei Sophora zeigt.

Aehnlich sind die Verhältnisse bei der Hängeesche, allein hier erweist sich die Apicalwirkung von ungleich grösserer Bedeutung. Trotz des hemmenden Einflusses der Schwerkraft entwickeln sich viele Generationen hindurch an den Spitzen der Zweige Triebe,

die freilich allmälig kürzer werden; an den Producten der Krümmungen und den Oberseiten abwärts geneigter Zweige offenbart sich die Wirkung des äusseren Agens dagegen überall.

Bei der Hängebuche endlich scheint die Knospenentwickelung und das Wachsthum der jungen Triebe ausschliesslich durch die innere Ursache bedingt zu werden; von einem Einfluss der Schwerkraft auf, die schlaff herabhängenden Zweige ist durchaus nichts zu gewahren. Hier wirkt das äussere Agens nur insofern, als die Zweige unter ihrer eigenen Last in die verkehrte Lage gelangen, aus welcher sie sich erst später geotropisch erheben.

Zu diesen, nur ganz flüchtig angedeuteten Verhältnissen kommen nun, um den Reichthum noch zu bereichern, die Combinationen, welche sich an den geneigt oder aufrecht nach oben sehenden Zweigen ergeben, wie sie die Hängeesche darbietet. Indem wir uns hier jedoch mit dem Fingerzeig begnügen, verzichten wir auch auf eine Erörterung des Lichteinflusses auf das Wachsthum der Trauerbäume, eines Einflusses, der im Wesentlichen kein anderer sein kann, als der bei den künstlich gekrümmten Zweigen besprochene. Auf die an dem betreffenden Orte gegebene Darlegung sei daher verwiesen.

Die im Obigen erörterten Wachsthumsverhältnisse der Trauerbäume sind bisher nicht beachtet worden. Anders die Frage, welche Ursachen das Hängen der Zweige bedingen; sie ist wiederholt aufgeworfen und in verschiedenem Sinne beantwortet worden. *Dutrochet*[1]) suchte die Ursache des Abwärtswachsens der Zweige von Fraxinus excelsior var. pendula in negativem Heliotropismus. Dass diese Ansicht unrichtig sei, folgt schon aus dem einfachen Umstande, dass, wenn der Baum einseitig beschattet ist, er die weitaus überwiegende Zahl seiner Zweige nach der beleuchteten Seite hin bildet. Unter derartigen Bedingungen kann man unsre Pflanze häufig beobachten, wenn sie am Rande von Baumgruppen angepflanzt ist. — *Hofmeister*[2]) dagegen betrachtete die Lage der

[1]) *H. Dutrochet.* Mèmoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux et des Animaux. Paris, 1837. Tome II, p. 90.

[2]) *W. Hofmeister.* Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen. — Berichte der math.-phys. Classe der k. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1860. S. 205. — Vergl. ferner: Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig, 1867. S. 286.

Zweige als eine Folge der Belastung, welche dieselben durch ihre Blätter erfahren; die jungen Triebe sind nicht stark genug, ihre Blätterlast aufrecht zu tragen, und krümmen sich daher passiv abwärts. Er macht ferner die Bemerkung, dass die Stengelglieder der Hängeesche um Vieles länger und etwas schlanker seien, als die der Stammform mit aufrechten Aesten. — Diese Angaben werden von *Frank*[1]) im Allgemeinen bestätigt, jedoch mit dem Zusatz, dass die Sprosse der Esche ihre Anlagerichtung beibehalten, also bald aufwärts, bald horizontal, bald abwärts wachsen; und dass daher weder von einem Einfluss der Schwerkraft, noch des Lichtes auf das Wachsthum derselben die Rede sein könne.

Auf Grund meiner eigenen Beobachtungen gelange ich, wie oben wiederholt angedeutet wurde, zu dem Schluss, dass für die Mehrzahl der Fälle die *Hofmeister*'sche Ansicht bezüglich der das Hängen der Zweige bewirkenden Ursache die richtige sei. Sie ist erwiesen für die Sprosse der hängenden Formen von Fagus silvatica, Corylus Avellana, Sophora japonica, Fraxinus excelsior, Salix babylonica, S. purpurea u. a. Doch darüber bin ich noch im Zweifel, ob die angegebene Ursache die einzig wirksame sei, oder ob sie nicht im einen oder anderen Falle noch durch ein weiteres Moment unterstützt werde. So habe ich ein Object in Untersuchung, dessen ganzes Verhalten dafür spricht, dass seine Zweige positiv geotropisch seien. Allein meine bis jetzt angestellten Beobachtungen sind noch unzulänglich, und ich muss daher die Frage einstweilen unbeantwortet lassen.

Wie früher angegeben, sind die jungen Triebe von Sophora japonica v. pendula, Caragana arborescens v. pendula, Salix babylonica u. a. anfänglich negativ geotropisch, eine Eigenschaft, die sie, soweit ich gesehen, auch dann noch behalten, wenn sie sich schon gesenkt haben. Auch die Sprosse der Hängeesche besitzen, was *Frank* gegenüber zu betonen ist, schwachen negativen Geotropismus, gleichviel, an welchem Orte sie entspringen. Schneidet man von einem noch wachsenden Triebe sämmtliche oder doch die meisten Blätter ab, so richtet sich derselbe mehr oder weniger weit empor, und behält die geotropische Krümmung bei, bis ihn

---

[1]) *A. B. Frank.* Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig 1868. S. 64.

die Last der neuerzeugten Blätter wieder in die frühere Lage zurückzieht.

Dass die Zweige der Hängeesche, verglichen mit denen der aufrechten Mutterform, auffallend lang und schlank sind, wurde, wie erwähnt, schon von *Hofmeister* hervorgehoben, sodann von *Frank* bestätigt. Der letztere nimmt dabei an, dass die gleichen Eigenschaften auch den meisten übrigen Formen von Trauerbäumen zukommen. —

Was zunächst die hängenden Zweige der Esche betrifft, so sind diese in der That auffallend länger und schlanker, als die entsprechenden Glieder der aufrechten Mutterform. Allein es gilt dies nur für die, bei den einzelnen Individuen etwas wechselnde, grössere oder geringere Zahl der ersten Generationen von Zweigen; späterhin werden, wie wiederholt besprochen, die letzteren immer kürzer und kürzer. Um diese Verhältnisse zu gewahren, muss man ältere Bäume in grösseren Gärten aufsuchen, Exemplare, die ihrem Wuchse frei überlassen sind; die in den Hausgärten vorkommenden geben häufig keinen genügenden Aufschluss.

Aehnlich wie die Zweige der Hängeesche verhalten sich auch die trauernden Formen von Fagus silvatica, Salix purpurea und anderen Arten. Wieder andere dagegen zeigen abweichende Verhältnisse. Bei Caragana arborescens sind umgekehrt die hängenden Zweige gedrungener, als die entsprechenden aufrechten Glieder der Normalform. In anderen Fällen, z. B. bei Sophora, kommen hängende Zweige vor, deren Internodien zwar lang, die aber im Uebrigen so kräftig sind, dass man sie nur mit den „Wasserschossen" der aufrechten Form vergleichen kann. — Bei den beiden letztgenannten Arten nimmt die Länge der an den Spitzen der aufeinander folgenden Zweiggenerationen erzeugten Sprosse sehr rasch ab, bis die Production von Apicaltrieben gänzlich erlischt.

Genauere Angaben über Länge und Stärke der Zweige an den hängenden und den normalen, aufrechten Formen der fraglichen Bäume, gestützt auf vergleichende Messungen, werden an anderem Orte erfolgen.

Hier sei nur noch einmal auf die interessante Thatsache hingewiesen, dass, wenn bei den Trauerbäumen aufwärts wachsende Zweige erzeugt werden, diese in der Regel die höchst gelegenen Orte einnehmen; sie entstehen auf den Krümmungen der

Mutterzweige, und, wenn schon aufrechte Glieder vorhanden sind, an diesen. Es scheint sonach, als ob die Momente, welche auf die Entstehung der äusserlich kräftigsten Sprosse an jenen Orten hinarbeiten, zugleich auch deren inneren Bau dahin beeinflussten, dass dieselben zum Tragen ihrer Blätterlast befähigter werden, und desshalb negativ geotropisch emporwachsen.

Vergleicht man die gesammte äussere Ausrüstung der Trauerbäume mit der der normalen aufrechten Arten, so ergiebt sich, dass die Existenz solcher Producte nur auf künstlichem Wege gesichert ist. Eine hängende Sophora oder Caragana würde im Naturzustande nicht gedeihen können; der Kampf um's Dasein würde solche mangelhaft ausgestatteten Organismen zweifellos nicht aufkommen lassen. Das Gleiche gilt übrigens in mehr oder minder hohem Grade von allen Trauerbäumen; sie sind um so ungünstiger gestellt, je entschiedener der Charakter des Hängebaumes ausgesprochen ist, um so günstiger, je mehr sie sich in ihrem Wachsthum den normalen aufrechten Bäumen nähern.

B. Aufwärts wachsende Bäume.

Wenn in dieser Schrift den Trauerbäumen ein verhältnissmässig beträchtlicher Raum gewidmet wurde, so geschah dies einmal, weil das Gesammtverhalten derselben bisher so gut wie nicht beachtet worden ist; sodann, weil gerade sie ein wichtiges Hülfsmittel zum Verständniss des Wachsthums normal aufwärts wachsender Bäume liefern. Mit den letzteren können wir uns hier nun um so kürzer fassen, als schon in früheren Abschnitten diesbezügliche Angaben wiederholt gemacht worden sind.

Dass die Pflanze in ihrem Wachsthum zwei hauptsächlich bevorzugte Richtungen einschlägt, dass Stamm und Zweige im Allgemeinen nach oben, die Wurzeln nach unten wachsen, wird seit *Knight's* bekannten Versuchen dem Einfluss der Schwerkraft zugeschrieben. In der Regel denkt man hierbei lediglich an die unter der Wirkung dieser Kraft stattfindenden Richtungsbewegungen von Pflanzentheilen, welche man demnach als geotropische bezeichnet hat. Nun handelt es sich aber nicht nur um die Richtung wachsender Organe, sondern auch, und zwar in erheblicher Weise, um den Ort, welchen die sich richtenden Theile an ihrem Mutterorgan einnehmen. Dieser Umstand, der gewöhnlich übersehen wird,

fand, wie schon früher[1]) hervorgehoben wurde, unter den Neuern nur bei *Hofmeister* Beachtung. Und zwar fasste dieser Forscher auch den Ort der kräftigsten, mit dem am meisten energischen Geotropismus ausgerüsteten Organe als eine Function der Schwerkraft auf. Hierin aber irrte er.

Die Aufeinanderfolge der verschiedenen Sprossformen an einem Mutterzweige ist wiederholt erörtert worden. Von wie hoher Bedeutung dieselbe für das Emporwachsen der Bäume ist, leuchtet ohne Weiteres ein. Man stelle sich nur einmal vor, alle Langzweige eines Baumes besässen zwar negativen Geotropismus, entständen aber nicht an der Spitze, sondern an der Basis des Mutterorganes, so würde sich die Pflanze nur wenig von der Erde erheben trotz des negativen Geotropismus ihrer Zweige. Sie würde dann einen buschartigen Habitus erhalten, und schliesslich eine compacte Zweigmasse darstellen, deren innere Glieder massenhaft absterben würden.

Der Umstand aber, dass die Sprosse ihre für das Emporwachsen der Pflanzen so wichtige Anordnung am Mutterorgan haben, beruht nur theilweise auf dem Einflusse der Schwerkraft; neben dieser wirkt, und zwar in überwiegendem Maasse, unsere oftbesprochene innere Bedingung. Ausserdem kommt höchst wahrscheinlich noch, wenn auch in geringem Grade, das Licht in Betracht, welches am aufrechten Spross ebenfalls gleichsinnig mit den beiden anderen Factoren thätig ist. — Die Folge der verschiedenen Sprosse am Mutterzweige wird sonach nicht durch eine Ursache bedingt, sondern ist die resultirende Wirkung von drei Factoren, ja vielleicht noch mehreren. Welcher Antheil nun im speciellen Falle jeder einzelnen dieser Bedingungen gebührt, wie sich besonders das Verhältniss der beiden wichtigsten derselben, der inneren Ursache und der Schwerkraft, gestaltet, dürfte nur ausserordentlich schwer zu bestimmen sein. Stets kommt hierbei die individuelle Natur des Organismus in's Spiel, deren Wesen uns völlig unbekannt ist. In wie hohem Grade dieser Umstand aber auf die uns hier beschäftigenden Erscheinungen einwirkt, zeigen am besten die Trauerbäume, von denen oben nur wenige Beispiele eingehender erörtert wurden.

---

[1]) Vergl. S. 39.

Vor Allem aber lehren uns diese interessanten Baumformen, dass die innere Ursache durchaus autonomer Natur, dass sie nicht eine durch äussere Kräfte, etwa die Schwere, hervorgerufene Prädisposition ist. Denn wir gewahren ihre Wirkung in jedem Zweige, gleichviel, welche Lage derselbe einnimmt, und gleichviel, in welcher Richtung er sich entwickelt hat, ob in horizontaler, ob nach oben oder nach unten. Sie ist vorhanden in dem senkrecht nach unten gewachsenen Zweige der Hängebuche, wie in dem der aufrechten Normalform, der sich in entgegengesetzter Richtung entwickelt hat. Sie zeigt sich an den Zweigen der hängenden Form von Fraxinus excelsior und Salix purpurea, gleichviel, in welcher Richtung sie, und zwar an ein und demselben Baume, ihr Wachsthum ausgeführt haben, ob in horizontaler oder beliebig nach oben oder unten geneigter. Kurz, die Ursache, welche die polaren Erscheinungen am Zweige bedingt, ist eine innere und von der Richtung des Wachsthums der Zweige unabhängig. An der aufwärts wachsenden Pflanze wirkt sie demnach im Bunde mit der Schwerkraft nach oben, an der abwärts wachsenden gegen den Einfluss der letzteren nach unten. Im einen wie im anderen Falle ist aber ihre Wirkung gleich bedeutungsvoll.

Der Einfluss der Schwerkraft aber, um dies noch einmal anzuführen, ist nach Allem ein doppelter. Sie verleiht den Zweigen ihre geotropische Richtung, und wirkt ausserdem dahin, dass Knospen an den höchst gelegenen Orten der Pflanze, Wurzeln dagegen an den tiefstgelegenen entstehen, oder, wenn schon als Anlagen vorhanden, zur Entwickelung gelangen. Der letztere Einfluss zeigt sich jedoch selten rein, sondern wird meistens durch die Wirkung der inneren Ursache verdeckt, deren Thätigkeit bald gleich-, bald ungleichsinnig mit der der Schwere ist. — Das Gleiche aber, was von der letzteren gesagt ist, gilt, obschon in geringerem Grade, auch vom Licht.

Auf eine specielle Darstellung der mannigfaltigen Wachsthumsformen, welche die polycormischen aufwärts wachsenden Bäume darbieten, können wir unter Hinweis auf früher Gesagtes verzichten. Eine besondere Gruppe derselben soll hier, und zwar darum eine kurze Besprechung finden, weil sie den geraden Gegensatz zu den Trauerbäumen bildet, nämlich die der sogenannten Pyramidenbäume. Während bei den Trauerbäumen der

Geotropismus der jungen Zweige meist nur schwach, und der Bau der letzteren von so geringer Festigkeit ist, dass sie sich nicht aufrecht zu tragen vermögen, besitzen die Sprosse der Pyramidenbäume neben einem sehr energischen Geotropismus die Fähigkeit, sich in straff aufrechter Stellung zu halten.

An den Zweigen nehmen die Sprosse die bekannte Ordnung ein. Die sämmtlichen Langtriebe der Spitze richten sich straff empor, während die tiefer stehenden Kurzsprosse geneigte oder horizontale Stellung haben. In Folge des energischen, alle übrigen auf die Richtung der Zweige einwirkenden Factoren überwiegenden, Geotropismus der Apicaltriebe bez. Zweige bilden diese meist eine dichtgedrängte Masse, deren inneren, dem Stamm zugewandten Gliedern keine ausreichende Beleuchtung geboten wird, und die daher nach und nach zu Grunde gehen. Am besten gewahrt man dies, wie früher schon erwähnt, an älteren Exemplaren der Pyramidenpappel, deren Seitenäste an ihren dem Stamm zugewandten Seiten stets trockene Zweige führen.

Mit dem Streben nach oben ist auch die Tendenz zur Bildung eines Stammes verbunden. Selbst bei einer grossen Zahl von Concurrenten, die sämmtlich nur wenig von der auf die Mitte des Wurzelhals-Querschnittes gefällten Verticalen abweichen, kommt doch fast stets die Bevorzugung des dieser Linie am nächsten stehenden Zweiges zu Stande, und dieser bildet dann die Hauptaxe. Genau dasselbe Verfahren wird aus den gleichen Gründen von den Seitenaxen wiederholt; auch sie erhalten in der Regel dominirende Mittelglieder. — Unterschiede in der Stellung der Zweige, welche bei andern Bäumen kaum einen Einfluss auf deren Entwickelung haben würden, sind hier von maassgebender Bedeutung.

An der Pyramidenpappel ist noch der Umstand höchst beachtenswerth, dass der Baum, trotz allen energischen Wachsthums nach oben, welches er besitzt, in seinen unteren Stammpartieen auch im höheren Alter noch productionsfähig bleibt. Wiederholt wurde beobachtet, dass, wenn ältere Stämme ihrer sämmtlichen unteren und mittleren Aeste beraubt worden waren, sie auf der ganzen entblössten Strecke sich von Neuem mit jungen, kräftigen Zweigen bedeckten, welche in wenigen Jahren ihre Vorgänger ersetzten, und den Bäumen ein verjüngtes Ansehen gaben. — Ob die übrigen Formen von Pyramidenbäumen sich unter ähnlichen Umständen gleich verhalten, konnte bis jetzt nicht festgestellt werden.

Ueber die Symmetrie im Wachsthum des Wurzel- und Zweigsystems.

Unsre ganze bisherige Darstellung führt mit Nothwendigkeit zu der Frage: In welchem Verhältniss steht das gesammte Zweig- zu dem Wurzelsystem eines Baumes? Findet im Wachsthum derselben eine gegenseitige Beeinflussung statt?

Diese Fragen haben die Forschung zu den verschiedensten Zeiten beschäftigt, und zwar waren es bald morphologische, bald physiologische Gesichtspunkte, von denen aus man sie in's Auge fasste. Dass jedem Theil im Zweigsystem ein bestimmter im Wurzelsystem entspreche, ist schon zu den ältesten Zeiten angenommen worden. Es geht dies hervor aus der Anschauung, welche sich der *Pseudo-Hippocrates*[1]) über das Verhältniss zwischen Wildling und Edelreis gebildet hatte. Ihren schärfsten Ausdruck erhielt diese Ansicht in neuerer Zeit durch *Du Petit-Thouars*, dessen Vorstellungen über pflanzliche Individualität beim ersten Anblick zwar höchst paradox erscheinen, in Wirklichkeit aber nur eine consequente Durchführung jener alten Anschauung darstellen. Der Baum ist nicht ein Individuum, sondern ein Complex von Einheiten. Jede der letzteren besteht aus einer Knospe, einer Wurzel und einem diese beiden verbindenden Gefässbündel. Man kann daher auch sagen, das letztere endige nach unten in einer Wurzel, nach oben in einer Knospe; nun bedarf es nur noch eines Schrittes und man gelangt zu dem fremdartig klingenden Satze: das wahre pflanzliche Individuum ist das Gefässbündel. — Ist

[1]) Vergl. *E. H. Meyer*. Geschichte der Botanik. I, S. 70. — Königsberg, 1854.

man aber einmal zu dieser Vorstellung gelangt, so ergiebt sich alles Weitere von selbst; die ganze Entwickelung des Baumes nach oben und unten, sowie sein Dickenwachsthum erklären sich wie aus einem Guss.

Dies der Kern der Gedanken *Du Petit-Thouars'*, dessen weiterer Ausführung dieser geistvolle Mann mehrere Schriften[1]) gewidmet hat. Die anatomische Seite seiner Lehre ist längst als irrthümlich erwiesen; auch die Vorstellung, dass jeder Knospe eine bestimmte Wurzel entspreche, dürfte jedenfalls unhaltbar sein; wahr aber ist und bleibt, dass jede Knospe und jeder Zweig am Baume in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältniss von dessen Wurzeln stehen. In diesem Punkte aber ist man unserm Autor niemals gerecht geworden.

So einladend es wäre, die morphologische Seite unsres Gegenstandes weiter zu verfolgen, wir müssen hier darauf verzichten, und wenden uns nunmehr zur physiologischen. Unter allen denen, welche sich damit befasst, hat unzweifelhaft *Duhamel* das Problem am klarsten ausgesprochen und zu wiederholten Malen behandelt. Die bestimmtesten Ausdrücke finden sich in seinem Werke über die Fruchtbäume, auf das wir später zurückkommen werden. An diesem Orte seien nur folgende Sätze hervorgehoben, welche *Duhamel*[2]) der Lehre vom Obstbaumschnitt vorausschickt.

Die Aeste und Wurzeln eines Baumes stehen in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältniss. Sie bestimmen wechselseitig ihr Wachsthum, und leiden daher gemeinschaftlich, wenn ein Theil verstümmelt wird. — Wenn an einer Seite eines Baumes sich ein kräftiger Ast entwickelt, so geschieht dies in Folge einer bestimmten Ursache, die in der Saftbewegung beruht. Der Saft nämlich, welcher von einer Wurzel aufgenommen wird, steigt normal in der ihr zugehörigen Stammseite senkrecht empor.

Hiermit steht die von *Duhamel*[3]) wiederholt beobachtete Thatsache in Zusammenhang, dass ein Apfelbaum, der auf der

---

[1]) *A. Du Petit-Thouars.* Essais sur la Végétation. Paris, 1809. — Histoire d'un Morceau de Bois. Paris 1815. U. s. w.

[2]) *Duhamel du Monceau.* Traité des Arbres fruitiers. Paris, 1768. Gross 4°. p. 68.

[3]) La Physique des Arbres. Paris, 1758. II, p. 294.

UNIVERSITY
CALIFORNIA

Grenze zwischen bearbeitetem Gartenboden und Rasen steht, auf der dem ersteren zugewandten Seite ungleich kräftiger wächst, als auf der entgegengesetzten. — Würde man einem Apfelbaum, der drei Hauptwurzeln und drei ihnen entsprechende Hauptäste besässe, eine der Wurzeln amputiren, so würde der zugehörige Ast in der Entwickelung zurückbleiben, ohne jedoch zu Grunde zu gehen.

Der oben erwähnte Grundgedanke war es offenbar auch, welcher *Duhamel* leitete, als er das Verhältniss zu bestimmen suchte, das zwischen der Dicke des Stammes und der der aufeinander folgenden Aeste besteht[1]). Leider wurden die Messungen nicht auch auf die Wurzeln ausgedehnt.

Die Bemerkungen *Sénébier's*[2]) über das Verhältniss zwischen Aesten und Wurzeln können als eine Wiederholung der Duhamel'schen Ausführungen betrachtet werden.

Eine eigenthümliche Angabe findet sich bei *C. H. Schultz*[3]). In einem Garten, der eine etwa zwei Fuss mächtige Lage fruchtbarer Dammerde, und unter dieser nur sterilen Kiessand führte, bildeten die sämmtlichen Obstbäume nur horizontale Aeste; eine Tendenz zum Aufwärtswachsen konnte nicht wahrgenommen werden. Der Autor sucht die Ursache in einem von ihm angenommenen correspondirenden Wachsthum von Wurzeln und Aesten. Da die ersteren der Bodenverhältnisse wegen genöthigt waren, in etwa horizontaler Richtung zu wachsen, so geschah dies auch seitens der Aeste. Sobald man die Bäume in tiefere, mit fruchtbarer Erde gefüllte Gruben setzte, änderte sich die Richtung des Wachsthums der Aeste.

Die bestimmtest lautenden Ansichten endlich über das gegenseitige Abhängigkeitsverhältniss des Zweig- und Wurzelsystems sind von Züchtern ausgesprochen worden, so z. B. von *van Mons*[4]), einem der bedeutendsten, die je gelebt haben. Dass die Wurzeln nicht bloss in der Energie ihres Wachsthums, sondern auch in

---

[1]) l. c. I, p. 95.

[2]) *J. Sénébier.* Physiologie végétale. Paris, 1800. I, p. 341.

[3]) *C. H. Schultz.* Die Natur der lebendigen Pflanze. Berlin 1823. I, S. 175.

[4]) *J. B. van Mons.* Arbres fruitiers. Louvain, 1835 und 1836. T. I. p. 58, 100 u. a. a. O.

ihrer Richtung, kurz in ihrem ganzen Verhalten, von den Zweigen abhängig sind, und umgekehrt, ist eine der maassgebenden Vorstellungen, welche seinen Schnittmethoden zu Grunde liegt.

Soviel über die älteren Angaben.

An einem unter normalen Bedingungen und ungestört wachsenden Baume stehen alle Organe unter einander in einem bestimmten Verhältniss. Einer gewissen Anzahl von Blättern entspricht eine bestimmte Summe von Zweigen und Aesten. Diese entspringen einem Stamm von proportionaler Dicke, und dieser ruht endlich auf einer Hauptwurzel, die einer proportionalen Zahl von Seitenwurzeln den Ursprung giebt. Zwischen allen diesen Theilen besteht unter normalen Verhältnissen ein Gleichgewichtszustand. Dass ein solcher thatsächlich vorhanden ist und vorhanden sein muss, ergiebt eine einfache Ueberlegung, sowie die aufmerksame Betrachtung jedes Baumes. — Dieses Gleichgewichtsverhältniss ist verschieden je nach der specifischen Natur des Baumes; es ist ein anderes bei der Eiche, ein anderes bei der Buche; es ist verschieden bei differenten Varietäten derselben Art. So hat, um ein Beispiel zu nennen, die wilde Form des Apfelbaums, Pirus Malus L. β acerba D. C. ein baumartig emporwachsendes Verzweigungssystem und dem entsprechend lange, weit im Boden hinwachsende Wurzeln; die vielfach cultivirte Form P. Malus β paradisiaca L., der Paradiesapfel, dagegen einen buschartigen Habitus und damit im Zusammenhang ein gedrungenes, buschartig wachsendes Wurzelsystem.

Die Ursachen, welche dem besprochenen Gleichgewichtsverhältniss zu Grunde liegen, sind verschiedener Art. Offenbar ist zunächst eine rein mechanische vorhanden. Mit zunehmender Grösse der Baumkrone müssen, wie ohne Weiteres einleuchtet, auch die Mittel wachsen, welche ihr im Boden die nöthige Festigkeit verleihen. Je grösser die Fläche ist, welche der Baum über der Erde den äusseren Einflüssen darbietet, um so länger, stärker und zahlreicher müssen auch die Wurzeln im Boden sein. Dass damit ein entsprechend festes inneres Gefüge Hand in Hand gehen muss, ist selbstverständlich, doch berührt uns dieser Punkt hier nicht.

Als zweite Ursache unsres Verhältnisses lässt sich ein ernährungs-physiologisches Moment anführen. Um einer mächtigen Baumkrone mit ihrem Blätterreichthum das nöthige Wasser zuzuführen, bedarf es eines über ein weites Areal vertheilten Wurzel-

geflechtes; und umgekehrt, um das Wachsthum des letzteren zu ermöglichen, ist eine umfangreiche assimilirende Blättermasse erforderlich. Das Wachsthum von Wurzel- und Zweigsystem eines Baumes bedingt sich sonach aus ernährungs-physiologischen Gründen gegenseitig; jeder Eingriff in eines der Systeme wird auch von dem anderen empfunden.

Als dritte Ursache kommt unzweifelhaft ein innerer Factor, eine Correlation, in Betracht. Dass die Spross- und Wurzelbildung an abgeschnittenen Zweig- und Wurzelstücken sowie an den einfachen Formen des Complexes in Correlation stehen, ist in dieser Arbeit eingehend dargethan worden. Dieselben Bedingungen aber, welche während der ersten Wachsthumsstadien wirken, werden auch in die folgenden eingreifen, und sonach das gesammte Zweig- und Wurzelsystem ein correlatives Wachsthum erfahren. Strikt erweisen lassen sich allerdings die Ursachen, welche die Correlation bedingen, am Baum aus dem einfachen Grunde nicht, weil jeder Eingriff in das System auch Ernährungsstörungen hervorruft, deren Einfluss auf die nun folgenden Reproductions-Erscheinungen sich nicht ohne Weiteres bestimmen lässt. — Die Correlation selbst ist aller Wahrscheinlichkeit nach erblicher Natur. Nach den heute geläufigen Vorstellungen machen wir die Annahme, dass jede Kraft, welche Generationen hindurch auf einen Organismus einwirkt, in diesem Bedingungen erzeugt, welche, und zwar in steigendem Maasse, durch Vererbung fortgepflanzt werden. Ist diese Annahme richtig, so ergiebt sich bei Anwendung derselben auf unsern Fall, dass die oben genannten mechanischen und ernährungs-physiologischen Bedingungen im Organismus erblich gewordene Wachsthumserscheinungen hervorgerufen haben, welche nunmehr als Correlation auftreten.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen über das Symmetrie-Verhältniss zwischen Wurzel- und Zweigsystem wollen wir zur Betrachtung einiger Gegenstände übergehen, welche besonders geeignet erscheinen, jenes Verhältniss zu demonstriren, und zu specielleren Schlüssen Veranlassung geben.

Die Cultur der Obstbäume in Töpfen.

Es ist eine den Gärtnern allbekannte Thatsache, dass, wenn Pflanzen in zu kleinen Töpfen gezogen werden, die Zahl ihrer

Blüthen und Früchte auf Kosten ihres vegetativen Wachsthums zunimmt. Nirgends zeigen sich diese Verhältnisse lehrreicher, als bei der Obstbaum-Cultur in Töpfen, einem Verfahren, welches sich bei den Chinesen einer grossen Verbreitung erfreut, und auch bei uns eine gewisse Bedeutung erlangt hat. Man wendet dasselbe an erstens, wenn es sich darum handelt, auf engem Raume möglichst viele Varietäten zu ziehen, zweitens bei der Obsttreiberei. Es ist besonders seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts in Aufnahme gekommen, seit ihm *Diel*[1]), einer der bedeutendsten deutschen Obstbaumzüchter, eine Schrift widmete, welche auch sonst für den deutschen Obstbau von Wichtigkeit geworden ist. Nach ihm ist dieser Gegenstand auch von Anderen behandelt worden, so von *Leibitzer*[2]), *Knight*[3]) und in neuerer Zeit von einem der namhaftesten englischen Züchter, *Rivers*[4]) u. A. Die im Nachfolgenden gemachten Angaben stützen sich besonders auf *Diel*, *Knight* und *Rivers*, deren Ausführungen ich in allen Hauptpunkten auf Grund eigener Anschauung bestätigen kann. Das für uns Wichtige des Verfahrens besteht in Folgendem. Man zwängt die Wurzeln eines Baumes, der das Bestreben hat, sich nach allen Seiten auszudehnen, in den engen Raum eines Topfes oder Kübels. Das beschränkte Wachsthum der Wurzeln übt nun eine Rückwirkung auf die Entwickelung des Zweigsystems aus, die sich in mehr als einer Art offenbart.

Bei aller Topfkultur handelt es sich zunächst um die Wahl der Varietäten. Formen, welche einen sehr starken Wuchs haben, eignen sich nicht dazu; wenn benutzt, erfahren sie in der Regel derartige Störungen im Wachsthum, dass sie nur ein verhältnissmässig kurzes Alter erreichen. — Die gegebene Vorschrift betrifft beide, sowohl den Edling als, und zwar in noch höherem Grade, den Wildling, die sogenannte Unterlage. Zu letzterer wählt man in allen Fällen Formen mit niedrigem, buschartigem Wuchs.

---

[1]) *Diel.* Ueber die Anlegung einer Obstorangerie in Scherben. 2 Bde. 3. Aufl. Frankfurt 1804.

[2]) *Leibitzer.* Praktisches Handbuch der Zwergbaumzucht und Orangerie. Leutschau 1804.

[3]) *Knight, T. A.* On the management of fruit trees in pots. — Transactions of the Horticultural Society, May 1817.

[4]) *Rivers, T.* The Orchard-house. 15. Ed. London 1873.

Stämmchen der angegebenen Art pflanzt man in Töpfe oder kleine Kübel, welche nach *Diel* mindestens 10 Zoll Tiefe und 10 Zoll Weite haben sollen; *Rivers* verwendet solche von 14—18 engl. Zoll Durchmesser. — In diesen Gefässen bilden die Bäumchen ein Wurzelgeflecht, das dichter und dichter wird, und schliesslich einen wahren Filz feiner Faserwurzeln darstellt. Dass der Züchter hierbei für reichliche Zufuhr von Wasser und künstlichem Dünger zu sorgen hat, ist selbstverständlich.

Dem beschränkten Wachsthum der Wurzeln entsprechend ist nun auch die Entwickelung der Sprosse eine geringe. An den vorjährigen Langzweigen entsteht meist nur ein apicaler Langtrieb; dieser bleibt kürzer und schwächer, als es unter normalen Bedingungen der Fall sein würde. Wird somit die Bildung der Langtriebe herabgesetzt, so entstehen dafür um so reichlicher Kurzsprosse, die sehr rasch in Blüthenbildung übergehen. Während ein in's Freie gesetzter Baum eine beträchtlich längere Zeit zu seiner Erstarkung bedürfen würde, beginnen die Topfstämmchen schon im dritten oder vierten Jahre Früchte zu liefern.

Bei älteren und längere Zeit nicht versetzten Bäumen kommt es nach *Diel* häufig vor, dass sie am „ungehörigen" Orte, d. h. da, wo Laubtriebe entstehen sollten, Fruchtknospen bilden. In diesem Falle ist durch Verpflanzen, Zurückschneiden der Zweige u. s. w., die Erzeugung neuer Langtriebe hervorzurufen.

Die Bäumchen, welche in Töpfen gezogen werden, erreichen zwar ein nicht unbeträchtliches Alter, — *Rivers* berichtet von einem Pfirsichbaum, der in 20 Jahren nicht verpflanzt worden, und doch gesund und kräftig war, — haben aber niemals die Lebensdauer von sich normal im Freien entwickelnden Objecten. Die Hemmung des Wachsthums bringt offenbar Störungen mit sich, die einen verhältnissmässig frühen Tod des Individuums herbeiführen.

Auf weitere Einzelheiten bezüglich des Verhaltens solcher Bäume brauchen wir hier nicht einzugehen. Das Verfahren der Topfkultur von Bäumen lehrt, wie auf Kosten der vegetativen Thätigkeit eines Baumes die sexuelle beschleunigt und gesteigert werden kann.[1]) — Die Betrachtung des Wachsthums der Topf-

[1]) Wie klar *Diel* die Abhängigkeit des Wachsthums der Baumkrone vom Wurzelsystem erkannt hat, geht aus folgenden Aeusserungen hervor,

bäume führt weiter zu der Vermuthung, dass zwischen den Langzweigen über und den langen Triebwurzeln in der Erde einerseits, zwischen den Kurzzweigen und den feineren und kurzen Faser- und Triebwurzeln andererseits ein Correlations-Verhältniss bestehe, eine Frage, auf welche wir in Kurzem zurückkommen werden.

Das Beschneiden der Wurzeln.

Wir haben eben gesehen, in welcher Weise der Züchter durch Beschränkung des Wurzelwachsthums die Bäume zu frühem Fruchttragen zwingt. Den gleichen Zweck erreicht man an Bäumen im Freien durch ein Verfahren, das in etwas wechselnder Form schon seit dem Alterthum gebräuchlich ist: durch Verletzen der Wurzeln.

Ein sehr üppiges Wachsthum der vegetativen Theile eines Fruchtbaumes bei geringer Fruchtbarkeit desselben betrachteten die Alten als eine Krankheit, welche man durch Aderlassen (phlebotomia) heilen könne. Ein hierher gehöriges Verfahren bestand nach *Palladius Rutilius*[1]), *Plinius*[2]) u. A. darin, dass man einige

---

die ihrer anatomischen und sonstigen Unklarheiten ungeachtet an Bestimmtheit nichts verlieren. „Der Wuchs eines jeden Baumes steht mit seinem Vermögen, jedes Jahr neue Wurzeln zu treiben, und dadurch auch neuen Bast für die neuen Sommerzweige anzulegen, in geradem Verhältniss, und hängt von dem Vermögen der Wurzeln ab." (l. c. I, S. 394.) „Die frühe Tragbarkeit der Bäumchen in Scherben, beruht einzig auf der Einschränkung dieses Wurzelvermögens, wodurch der Baumsaft gemässigter in seinem Umlauf wird, und deshalb der langsamere Wachsthum der Sommertriebe den Fruchtaugen eine frühere und schnellere Entwickelung gestattet." (l. c. I, S. 398.)

[1]) Scriptores rei rust. vet. lat. rec. Gesner. Biponti, 1787. Vol. III, lib. XII, p. 193. „Si poma caduca sunt, nudatae radici ejus, vel trunco, lentisci aut terebinthi cuneus affigitur, vel terebratae in medio, palus salicis imprimetur." Eine ähnlich lautende Stelle findet sich lib. II, p. 62. Zu Amygdalus. „Si ferax non est, tedae cuneum terebrata radice mergamus, vel silicem sic inseramus, ut libro tegente claudatur."

[2]) C. Plinii Secundi Naturalis Historia. Lib. XVII, cap. 43. „Ita fit, ne decidant fructus. Pomiferis quae germinant nec ferunt fructum fissa radice inditur lapis fertilesque fiunt, hoc idem in amygdalis e robore cuneo adacto, in piris sorbisque e taeda ac cinere et terra cooperto. Etiam radices circumcedisse prodest vitium luxuriantium ficorumque et circumcisis cinerem addidisse." Aehnliche Bemerkungen finden sich auch sonst noch.

Wurzeln mehr oder weniger stark verletzte; man durchschnitt die Rinde derselben ringsum, oder zerspaltete sie der Länge nach und trieb Keile in die Wunde u. dgl. m. Diese Praxis ist dann durch das Mittelalter der neueren Zeit überliefert. Wir finden sie erwähnt bei *Albertus Magnus*[1]), später bei *Estienne et Liebault*[2]), *Beal*[3]), *Fairchild*[4]) und Anderen. Die weiteren sehr zahlreichen, im Wesentlichen immer gleichlautenden Angaben der Autoren des vorigen Jahrhunderts brauchen hier nicht einzeln aufgeführt zu werden. Dasselbe gilt von den meisten der mancherlei Behandlungen, welche unser Gegenstand in den neueren Gartenzeitschriften erfahren hat.

Unter den Züchtern der neuesten Zeit hat keiner die Folgen des Wurzelbeschneidens besser beschrieben als der schon oben genannte englische Züchter *Rivers*[5]). Auf den Angaben dieses Mannes und meinen eigenen Beobachtungen beruht die nachfolgende Darstellung.

Rivers empfiehlt das Beschneiden der Hauptwurzeln, wenn es sich darum handelt, auf engem Raume von verschiedenen Birnsorten rasch und reichlich Früchte zu erzielen. Ein Baum, der in der vorgeschriebenen Art behandelt wird, producirt wenige und schwächere Laubtriebe, dafür aber desto mehr Blüthen und Früchte.

Nachdem man einen jungen Baum gepflanzt hat, lässt man ihn etwa zwei Jahre unberührt. Dann stellt man in einer Entfernung von 10 engl. Zoll vom Stamm rings um denselben unter Zerstörung aller bis zu dieser Entfernung reichenden Wurzeln einen Graben her, von welchem aus auch alle nach unten gerichteten stärkeren Wurzeln, besonders die Hauptwurzel, abgeschnitten werden. Nachdem man den Graben gefüllt hat, überlässt man den

---

[1]) Alberti Magni de Vegetabilibus Libri VII. Ausgabe von *Meyer* und *Jessen*. Berlin 1867. Lib. I, pag. 92. — Lib. II, p. 120.

[2]) *Ch. Estienne* et *J. Liebault*. L'Agriculture et Maison rustique. Paris 1598. p. 229.

[3]) The philosophical Transactions and Collections to the end of the year 1700. Abridged by Lowthorp. London 1705. p. 710.

[4]) Nach *Bradley*. A general Treatise on Husbandry. II, p. 230.

[5]) *Th. Rivers*. Upon the advantages of Root-pruning in Pear-trees. — From the Horticultural Transactions. London 1840.

Baum seiner Entwickelung, um im nächsten Jahre die Zerstörung der Wurzeln in einer Entfernung von 14 Zoll vom Stamm zu wiederholen; im dritten Jahre geschieht dasselbe, aber in 18 Zoll Entfernung. — Auf diese Weise erreicht man, dass die Wurzeln des Baumes nicht weit im Boden hinwandern, sondern sich auf engem Raume vielfach verzweigen, und schliesslich einen dichten Ballen kleiner Saugwurzeln bilden. Da der Boden an diesen Orten rasch ausgesogen wird, so ist künstliche Düngung selbstverständlich unerlässlich. Hemmt man auf die angegebene Art das Wachsthum der Triebwurzeln, so stellt sich heraus, dass auch die Entwickelung der Laubzweige eine beschränkte ist. Dieselben bleiben kurz und schwach, während Kurzzweige, bez. Blüthen und Früchte, in gesteigertem Maasse zur Ausbildung gelangen. Man erhält somit reichlich tragende Bäume von kleinerem Umfang.

Wenn bei der Operation des Wurzelschneidens einmal eine kräftige Wurzel dem Schnitt entweicht, so entsteht an der Laubkrone, und zwar über jener, unzweifelhaft ein entsprechend entwickelter Langzweig. Die Ursache des letzteren ist dann im Boden zu suchen, und beim folgenden Schneiden sorgfältig zu entfernen. Auf Tafel III sind zwei solche Fälle nach *Rivers* dargestellt; Fig. 2 stellt ein Verzweigungssystem eines Baumes dar, dessen Wurzeln sämmtlich beschnitten waren, Fig. 1 ein solches, unter welchem eine kräftige Wurzel sich ungestört entwickelt hatte.

Will man die Methode des Wurzelschneidens bei alten Bäumen anwenden, so ist sehr vorsichtig zu verfahren. Man darf erstens die Wurzeln nur in grosser Entfernung vom Stamm durchschneiden, und muss zweitens eine Anzahl derselben unversehrt lassen. Beobachtet man diese Vorsichtsmaassregeln nicht, so verursacht die Operation meistens so bedeutende Störungen, dass die Objecte zu Grunde gehen.

Soweit *Rivers*, dessen Angaben ich, insofern es die Hauptsache anlangt, durchaus bestätigen kann.

Mit dem eben Gesagten steht völlig im Einklang eine Bemerkung *Diel's* [1]), dass eben versetzte junge Bäume schon im zweiten oder dritten Jahre blühen und Früchte tragen; dann aber,

---

[1]) l. c. I, S. 397.

wenn sich ihre Wurzeln ausgebreitet haben, oftmals in vielen Jahren nicht wieder.

Die eben mitgetheilten Experimente beanspruchen einiges Interesse. Sie lehren, ebenso wie die Topfkulturen, die Abhängigkeit des Wachsthums der Zweige von dem des Wurzelsystems, und legen den oben schon angedeuteten Schluss sehr nahe, dass Triebwurzeln und Langzweige in Correlation stehen. Vor Allem der Umstand deutet darauf hin, dass sich nach *Rivers* an derjenigen Seite des Baumes kräftige Langzweige bilden, welche im Boden lange und unverletzte Wurzeln führt, eine Angabe, die jedoch noch weiterer Bestätigung bedarf.

Schliesslich sei hier noch einer Mittheilung von *Ingledew*[1]) gedacht. Um europäische Gemüsearten unter dem heissen Klima Indien's zum Samentragen zu bringen, ist es nothwendig, ihr Wachsthum aufzuhalten. Wenn sie bis zu einem Drittel ihrer Höhe gewachsen sind, werden sie aus dem Boden genommen, und ihr Stamm nebst der Pfahlwurzel durchschnitten oder sonst verstümmelt.

Das Beschneiden der Zweige.

Nachdem wir die Abhängigkeit der Zweige von den Wurzeln dargelegt haben, wäre umgekehrt festzustellen, welchen Einfluss die Verletzung der Zweige auf das Wachsthum der Wurzeln ausübt. Ueber diesen Punkt mangeln mir eigene Untersuchungen. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass das Verhältniss zwischen Wurzeln und Zweigen ein reciprokes ist, und dass ein starkes Beschneiden der Zweige die Entwickelung der Wurzeln hemmt. Uebrigens geben *Duhamel*[2]) und zahlreiche Praktiker an, dass Obstbäume, welche in Busch- und Spalirform gezogen werden, niemals so starke Wurzeln besitzen, wie dann, wenn man ihnen die Form des Hochstammes giebt.

Ueber die Folgen einseitiger Ernährung durch die Wurzel.

Bisher haben wir fast ausschliesslich den Zusammenhang der Theile eines Baumes in longitudinaler Richtung verfolgt. Es ent-

[1]) Nach *C. Darwin*. Das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication. Deutsch von *Carus*. Stuttgart, 1873. II, S. 194.

[2]) *Duhamel* du *Monceau*. l. c. II, 102.

steht nun noch die Frage, welche Beziehungen sie in der Querrichtung zeigen. Wir knüpfen dabei an die schon von *Duhamel* gemachte Angabe, dass ein Baum, der auf der Grenze von fruchtbarem und sterilem Boden steht, auf der dem ersteren zugewandten Seite stärkere Wurzeln und Aeste bildet, als auf der entgegengesetzten. Dahin gehört auch die Beobachtung von *Rivers* bezüglich des Entstehens von Langzweigen über unverletzten Triebwurzeln an seinen sonst im Wurzelwachsthum gehemmten Bäumen.

Auf den ungleich lockerern Zusammenhang der Theile eines Zweiges in horizontaler Richtung gegenüber dem in longitudinaler wurde schon im ersten Theile dieser Arbeit hingewiesen. (s. S. 40.) Es hängt diese Erscheinung offenbar zusammen mit dem Bau und der Anordnung der leitenden Elemente. Dies in's Auge gefasst, dürfte nichts begreiflicher erscheinen, als dass ein Baum bei einseitiger Ernährung durch die Wurzel auch eine einseitige Entwickelung der Krone erführe. In wie hohem Grade unabhängig die Theile eines Baumes in der Querrichtung von einander sind, lehren am besten die vom Blitz oder durch sonstige Umstände gespaltenen Bäume, welche zuweilen eine geradezu bandartige Fläche darstellen.

Dürfen wir es sonach als ganz unzweifelhaft betrachten, dass die gesammte Stoffwanderung bez. Ernährung in longitudinaler Richtung am leichtesten von Statten geht, so entsteht dennoch die Frage, ob nicht im Innern des Baumes Vorgänge ausgelöst werden können, welche trotz einseitiger Ernährung durch die Wurzel der Krone eine allseitig gleichmässige Entwickelung ermöglichen. Von dieser Frage geleitet, suchte ich die Angabe *Duhamel's* in der Art zu erhärten, dass ich mehreren regelmässig gewachsenen und im Boden festgewurzelten jungen Bäumen die sämmtlichen Wurzeln nahm, welche je einer Stammseite angehörten. Der Versuch wurde vor mehr als zwei Jahren angestellt, in der Erwartung, dass der Erfolg desselben sich sehr bald an den Aesten zeigen werde. Allein zu meiner Ueberraschung geschah dies bis heute nicht; die Kronen der Bäume entwickeln sich vielmehr durchaus gleichmässig. Möglich jedoch, dass sich die Folgen der Operation in Zukunft noch zeigen werden.

Ist es mir sonach bisher nicht möglich gewesen, die Behauptung *Duhamel's* durch den Versuch direct zu bestätigen, so zweifle ich dennoch durchaus nicht an der Richtigkeit derselben. Seit

längerer Zeit beobachte ich in einem Garten eine Reihe von Pyramiden-Pappeln, die dicht am Rande eines steilen Abhanges stehen, und deren Wurzeln daher eine stark einseitige Entwickelung erfahren haben. Die Aeste dieser Bäume nun zeigen auf derjenigen Seite ein bevorzugtes Wachsthum, welche dem Abhang abgewandt ist, trotzdem sie an dieser Seite eine etwas schwächere Beleuchtung erhalten, als an der entgegengesetzten. Der Unterschied in der Entwickelung der beiden Seiten ist wechselnd, im einen Falle minder, im anderen sehr scharf ausgeprägt. Diese Thatsache spricht um so mehr für die Richtigkeit der *Duhamel'schen* Angabe, als die Pyramiden-Pappel einen Wuchs besitzt, der in erhöhtem Grade geeignet sein dürfte, die Folgen einer einseitigen Ernährung durch die Wurzeln zu überwinden.

Der Ringelschnitt.

Nahe verwandt mit den oben besprochenen Verwundungen ist die Operation, welche unter dem Namen des „Ringelschnittes" allgemein bekannt ist. Wenn demselben hier ein eigenes Capitel gewidmet wird, so liegt der Grund dazu in der Bedeutung, welche er einst besass, und in mancher Beziehung auch heute noch besitzt.

Eine Geschichte des Ringelschnittes zu schreiben, würde nichts Anderes bedeuten, als einen nicht unwesentlichen Theil der pflanzlichen Pathologie und der Ernährungsphysiologie historisch zu behandeln. An einen derartigen Versuch kann hier auch nicht entfernt gedacht werden; nur einige Momente aus den Schicksalen, welche die fragliche Operation erlebt hat, sollen hier hervorgehoben werden.

Das ganze Alterthum und Mittelalter hindurch hat der Ringelschnitt, — das Wort in seiner weitesten Bedeutung genommen, — in erster Linie ein praktisches, sodann ein pathologisches Interesse. Für den Baumzüchter handelt es sich lediglich um die Beherrschung des Wuchses der Bäume, und hierbei spielen jene Verwundungen eine nicht unwichtige Rolle. Der denkende Betrachter sucht diese Erscheinungen zu erklären, oder, wenn dies nicht gelingt, Analogieen dafür zu finden. Stets liegt der Vergleich mit gewissen Operationen am Menschenkörper nahe, — „magnaque ex parte

similis hominum medicina et arborum est", sagt *Plinius*[1]), — und so wird der Ringelschnitt zum Aderlass, phlebotomia.

Anders gestaltet sich die Sache seit *Malpighi*; durch ihn tritt der Ringelschnitt in den Dienst der Wissenschaft. Wenige nur haben seit jener Zeit über Säftebewegung im Pflanzenkörper geschrieben, die den Ringelschnitt ausser Acht gelassen haben. Dazu kommt seine Bedeutung für das Studium des Dickenwachsthums der Bäume.

In der Folge nun ergiebt sich eine eigenthümliche Wendung der Dinge. Es lässt nämlich die Wissenschaft diejenige Seite unseres Gegenstandes ausser Acht, welche den Praktiker beschäftigt, und dieser kümmert sich wenig um das, was den Forscher interessirt. Dem Physiologen dient der Ringelschnitt zum Studium der Säftebewegung, der Züchter benützt ihn, um seine Bäume fruchtbar zu machen. Selten hat man versucht, die Operation von beiden Standpunkten aus zu betrachten, ja eine wirklich einheitliche Behandlung des Gegenstandes stand bisher noch aus.

Die Kenntniss der Folgen, welche eine Rindenverwundung am Baume nach sich zieht, ist sicher so alt, wie die Anfänge der Baumcultur. Dem Ursprunge der letzteren nachzuforschen, überlassen wir Anderen, und halten uns lediglich an gewisse Angaben, die uns schon aus dem classischen Alterthum überkommen sind.

Nach *Theophrast*[2]) ist die Rinde der eigentlich vitale Theil des Baumes. Wird diese ringsum abgeschält, so geht der Baum zu Grunde. — Ihm ist weiter bekannt, dass man durch Verletzen der Rinde Bäume fruchtbar machen kann.

Aehnlichen Inhalts, zum Theil ausführlicher, sind die Angaben, welche sich in den Schriften der *Scriptores rei rusticae* und bei *Plinius* finden. Aus denselben ergiebt sich, dass die Züchter ihren Zweck, Bäume fruchtbar zu machen und das Abwerfen der Früchte zu verhindern, ausser auf dem schon früher angegebenen Wege auch dadurch zu erreichen suchten, dass sie die Rinde der Zweige oder unter Umständen auch die Rinde und das

---

[1]) C. Plinii Secundi Naturalis Historia, lib. XVII, cap. 43.

[2]) Theophrasti Eresii Opera omnia. De Causis Plantarum l. V c. XXIIII ferner in Historia Plantarum l. IV, c. 16.

Holz des Baumes mehr oder weniger verletzten. Man vergleiche hierüber besonders die Schriften von *Palladius Rutilius*[1]) und *Plinius*[2]).

Die im Alterthum geübte Praxis übertrug sich auf das Mittelalter. Dass dabei keine Fortschritte gemacht wurden, erhellt daraus, dass die Angaben der Alten fast unverändert in die wissenschaftlichen und gärtnerischen Compendien übergingen. Zum Beweise des Gesagten wolle man die Werke von *Albertus Magnus*[3]), *Petrus Lauremberg*[4]) u. s. w. nachsehen. — Ueber die bei den Züchtern seiner Zeit nach *Malpighi* schon geübte Methode, durch den Ringelschnitt oder die Ligatur Ableger zu rascherer Wurzelbildung zu veranlassen, vermag ich bei den genannten Schriftstellern keine Angabe zu finden.

Dies war der Stand der Sache, als *Malpighi*[5]) sich des Ringelschnittes zum Studium der Säftebewegung bemächtigte. Indem er die später eintretenden Folgen des Ringelschnittes, die erhöhte Fruchtbarkeit geringelter Zweige, ausser Acht lässt, wendet er sich zu den bald nach der Operation eintretenden Erscheinungen, der Bildung der Wülste an den Wundlippen. Er zuerst hebt hervor, dass die untere Wundlippe keinen oder einen nur sehr schwachen Wulst, die obere dagegen eine meist umfangreiche Ex-

---

[1]) *Palladius Rutilius.* l. c. lib. XII, c. 7; lib. II, c. 15. Hier findet sich unter anderen die Stelle: „Amygdala ad legendum maturitatem fatentur, cum fuerint spoliata corticibus."

[2]) *Plinius Secundus.* l. c. XVII, 39. „Nunc expositis arborum morbis consentaneum est dicere et remedia. Ex his quaedam sunt communia omnium, quaedam propria quarundam. Communia ablaqueatio, adcumulatio, adflari radices aut cooperiri riguis dato potu vel ablato, fimum suco refectis, putatione levatis onere, item suco emisso quaedam veluti detractio sanguinis, circumrasio corticis, vitium extenuatio et domitura palmitum, gemmarum, si frigus retorridas hirtasque fecerit, repumicatio et quaedam politura." — Eine weitere Angabe findet sich XVII, 42.

[3]) *Albertus Magnus.* l. c. l. II, p. 116 und 120.

[4]) *P. Laurembergius.* Horticultura. Francofurti 1631. P. 70 et 142.

[5]) *M. Malpighi.* Opera omnia. Anatomes Plantarum pars altera. Londini, 1679. De radicibus Plantarum, p. 88 ff. — Kurz mitgetheilt in einem Briefe an Sponius in: The Philos. Transactions etc. Abr. by Lowthorp. Vol. II, p. 706 ff. Dieser Brief findet sich auch am Schluss der Opera omnia, die fragliche Stelle S. 35.

crescenz erzeugt; ferner beobachtet er die manchmal vollständige Ueberwallung der Ringwunde. Zum guten Theil auf Grund dieser Wahrnehmungen entwickelt er sodann seine bekannte Lehre des von den Zweigen nach der Wurzel absteigenden Saftes. — Auf die Thatsache, dass auch die untere Wundlippe häufig einen, wenn auch meist nur schwachen Callus erzeugt, wird dabei kein Nachdruck gelegt, ebenso wenig auf den Umstand, dass unterhalb und an demselben manchmal Sprosse entstehen. („solas interdum dedit gemmas".)

Die Ausführung des Versuches selbst geschieht bei *Malpighi* in ausgedehntester Weise; während aller zwölf Monate werden Stämme von verschiedenen Baumarten geringelt. Auch die Form des Experimentes wechselt; bald ist der Ringelschnitt vollständig, bald nur partiell, d. h. mit bleibender Rindenbrücke zwischen den durch den Schnitt getrennten oberen und unteren Stücken. Selbst in spiraliger Form hat *Malpighi* den Ringelschnitt schon ausgeführt.

In der mit *Major* und *Malpighi* am Schluss des 17. Jahrhunderts beginnenden lebhaften Discussion über die Bewegung der Säfte im Pflanzenkörper spielt, wie schon angedeutet, der Ringelschnitt fortan eine erhebliche Rolle. Die Folgen, welche dieser und die ihm etwa gleichkommende Ligatur hervorrufen, dienen zum Argument sowohl den Anhängern der Lehre vom Kreislauf des Saftes, wie *Parent*, *Brotherton*; als denen, welche ein sogenanntes „Balancement" des Saftes annehmen, wie *Hales*; als auch denen, nach deren Ansicht es zwei Säfte giebt, einen aufsteigenden, „sève terrestre", und einen absteigenden, „sève aérienne", wie *Mustel*.

Bei diesen Bemühungen erfährt das Experiment selbst nur geringe Fortbildung, ja in vielen Fällen bleibt man hinter *Malpighi* zurück. Von einigem Interesse ist die Form des Versuches, welche *Brotherton*[1]) einführte. Er durchschnitt einen Haselnussstamm der Quere nach bis zur Mitte, und spaltete ihn von da aus nach oben und unten auf längere Strecke. Um eine Verwachsung der Wund-

---

[1]) *T. Brotherton.* Experiments of the Barking of Trees. Philos. Transactions. Abridged by Lowthorp. Vol. II. London, 1705. p. 708.

flächen zu verhüten, brachte er unter den der Länge nach getrennten Stücken Holzkeile an. Das Ergebniss war, dass das obere, über dem Querschnitt gelegene Stück beträchtlich an Umfang zunahm, während das untere keine Veränderung erfuhr. — Die richtige Deutung erhielt dieser Versuch erst durch eine abgeänderte Form, welche ich ihm gab, und die im ersten Theile dieser Arbeit (S. 39) beschrieben ist.

In umfangreichem Maasse wurde der Ringelschnitt von *Duhamel*[1]) ausgeführt. Ihm diente die Operation sowohl zum Studium der Säftebewegung, als des Dickenwachsthums dicotyler Bäume. Er führte sie an Zweigen, Aesten und ganzen Baumstämmen aus; er wiederholte und controlirte alle Versuchsformen, welche seine Vorgänger angewandt hatten.

Indem wir bezüglich der Anschauungen *Duhamel's* über die Bewegung der Säfte auf einen späteren Abschnitt verweisen, heben wir hier nur Folgendes hervor. Von unserem Autor wurde definitiv die schon von *Theophrast* überlieferte, aber seither manchmal bezweifelte Wahrheit festgestellt, dass die Entrindung normal gebauter dicotyler Bäume stets den Tod der über der entrindeten Stelle gelegenen Partieen herbeiführt, vorausgesetzt, dass den an der oberen und unteren Wundlippe gebildeten Calluswülsten keine Verwachsung gelingt. Es sei hinzugefügt, dass diese Wahrheit selbst noch nach *Duhamel* gelegentlich Missdeutung erfahren hat. — Weiter: er unterwarf die Callusbildung an den Wundlippen und die aus den Wülsten hervorgehenden Neubildungen dem eingehendsten Studium, das lediglich in dem Falle kein ganz correctes Resultat ergeben hat, in welchem es sich um die Producte der an den geringelten Wurzeln entstandenen Callusmassen handelte. — Endlich sei hier noch erwähnt, dass *Duhamel* ursprünglich aufwärts gewachsene Zweige ringelte, und dann in verkehrter Lage befestigte. Es leitete ihn dabei die Frage, ob der Saft, welcher am aufrechten geringelten Zweige zur Bildung des Callus an der oberen Wundlippe verwendet wird, von seinem Gewichte nach unten gezogen werde, oder ob ihn eine „force expresse" dahin bewege. Der Versuch ergab, dass der fragliche Saft jetzt nach

[1]) *Duhamel du Monceau.* La Physique des Arbres. Paris 1768. T. II, p. 103 ff., 122 ff., 45, 58 ff., 132 u. s. w.

oben wanderte, dass der stärkere Callus am inversen Zweige an der unteren Wundlippe erzeugt wurde. Sonach war es eine „force expresse", und nicht die Schwere, welche die Bewegung des Saftes bedingte.

Auch bei *Knight*[1]) spielt bei der Entwickelung seiner Vorstellungen über die Säftebewegung der Ringelschnitt eine wichtige Rolle. Darüber später ebenfalls ein Weiteres.

Vor, mit und nach den zuletzt Genannten beschäftigte sich eine grosse Reihe von Forschern mit den gleichen Problemen, und für alle hatte der Ringelschnitt eine mehr oder minder grosse Bedeutung. Wir nennen hier nur die Namen *Mariotte, Buffon, van Marum, Sénébier, Bernhardi, Thouin, Cotta, Du Petit-Thouars, Kieser, de Candolle, Treviranus, Meyen, Durand et Manoury, Goeppert* und *Hartig*. — *Hanstein*[2]) endlich fasste alle bisher gewonnenen Ergebnisse zusammen, gab dem Experiment eine einfache, handliche Form, dehnte es weiter auf dicotyle Stämme mit markständigen Bündeln aus, und zog aus seinen Versuchen alle für die Abwärtsbewegung der plastischen Stoffe statthaften Schlüsse. Nach ihm haben noch *Sachs*[3]) und *Pfeffer*[4]) den Gegenstand behandelt, von denen besonders der letztere zeigte, wie weit die wiederholt angezweifelte Bedeutung des Ringelschnittes für das Studium der Säftebewegung verwerthbar ist.

Endlich sei hier noch erwähnt, dass *de Vries*[5]) die Holzbil-

---

[1]) *T. A. Knight.* Account of some experiments on the descent of the sap in trees. In: Philosophical Transactions for the year 1803, April. — Ibidem 1806, May. — Ibidem 1807, February. — Etc. Zusammengestellt in: A selection from the physiological and horticultural papers etc. by the late *T. A. Knight.* London, 1841. P. 97, 130, 136 u. a. a. O.

[2]) *J. Hanstein.* Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde und Folgerungen daraus. — Pringsheim's Jahrbücher f. wiss. Botanik. Bd. II, Berlin, 1860. S. 392 u. flgd.

[3]) *J. Sachs.* Ueber die Leitung der plastischen Stoffe durch verschiedene Gewebeformen. Flora 1863. No. 3 ff. — Handbuch der Experimental-Physiologie. Leipzig 1865. S. 381 ff.

[4]) *W. Pfeffer.* Die Wanderung der organischen Baustoffe in der Pflanze. In: Landwirthschaftliche Jahrbücher. Bd. V. Berlin, 1876. S. 103. — Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1881. Bd. I, S. 323.

[5]) *H. de Vries.* Ueber Wundholz. Flora 1876. S. 2 ff.

dung in den durch den Ringelschnitt verursachten Calluswülsten einer eingehenden Untersuchung unterworfen hat.

Wir kehren nunmehr zur praktischen Bedeutung des Ringelschnittes zurück. Die vorher genannte Reihe von Untersuchern hatte ein fast ausschliesslich theoretisches Interesse; für sie kam unsere Operation nur insoweit in Betracht, als es sich um Säftebewegung und Dickenwachsthum des Stammes handelte. Dass die Züchter seit alter Zeit sich der Rindenverwundung bedienen, um Zweige fruchtbar zu machen, wird gelegentlich von ihnen erwähnt, beschäftigt aber die Forscher weiter nicht. — Diese praktische Seite wollen wir hier jetzt noch etwas eingehender verfolgen.

Der aus dem Alterthum überkommenen Angaben wurde oben kurz gedacht. Aehnliche, allgemein gehaltene Mittheilungen treten auch zunächst in neuerer Zeit noch auf, dann aber gewinnen die Beschreibungen einen bestimmteren Charakter.

Olivier de Serres[1]) berichtet, dass die Olivenzüchter in Südfrankreich beim Veredlen ihrer Bäume ein eigenthümliches Verfahren anwenden. Sie inseriren die Knospen dem unteren Theile des zu veredelnden Zweiges, und heben über der Veredlungsstelle einen Rindenring ab. Der obere Theil des Zweiges soll nun stets reichlich fructificiren.

In Aufsätzen von *Beal*[2]) und *Tong*[3]) wird mitgetheilt, man könne unfruchtbare Bäume dadurch zum Tragen zwingen, dass man die Rinde kreuz und quer durchhackt. Ein barbarisches Verfahren!

Die erste, mir bekannt gewordene genaue Beschreibung der uns hier beschäftigenden Folgen des Ringelschnittes rührt her von *Fairchild*[4]), einem der seiner Zeit namhaftesten englischen Gärtner.

---

[1]) *Olivier de Serres.* Théâtre d'Agriculture et Mesnage des Champs. Paris, 1608. p. 642. (Ich citire nach der 4. Ausgabe.) Man vergleiche hiermit eine Angabe von *Duhamel*, Phys. d. Arbr. II, 104, welche im Wesentlichen dasselbe besagt.

[2]) The philosophical Transactions and Collections to the end of the year 1700. Abridged by Lowthorp. p. 679. „Cross-Hackings promote Fruitfulness, Cure the Phyllomania."

[3]) ibidem p. 710.

[4]) Nach *Patrick Blair.* Botanick Essays. London 1720. p. 386 ff.

Derselbe ringelte an einem Birnbaum die drei vorhandenen Hauptäste, welche sämmtlich über der Ringelungsstelle im Laufe des Sommers und Herbstes einen starken Wulst bildeten. Im nächsten Jahre waren die Aeste sehr reich an Früchten, producirten aber keine Holztriebe, ein Verhältniss, das so lange dauerte, bis die Wunden überwallt waren. Dies geschah zunächst mit zwei Aesten, welche nun wieder Holztriebe, aber weniger Früchte erzeugten. Am dritten Aste war zur Zeit der Berichterstattung die Wunde noch nicht verwachsen und derselbe daher noch sehr fruchtbar. Dieser Ast öffnete seine Blüthen im Frühjahr eher, als die anderen, verlor aber auch im Herbst beträchtlich früher sein Laub. Es folgen nun Angaben über die Dicke der Aeste über und unter der Ringelungsstelle, die wir hier nicht wiederzugeben brauchen; ebenso wenig wie noch weitere, den obigen ähnliche Mittheilungen von *Fairchild*.

Auch *Duhamel*[1]) macht gelegentlich diesbezügliche Bemerkungen. Er umwickelte einen jungen Rosskastanienbaum so fest mit Draht, dass dieser tief in die Rinde einschnitt. Im ersten Jahre darauf trieb dieser Baum noch Sprosse, jedoch weniger, als andere Stämme gleichen Alters. Dieser Unterschied wurde im nächsten Jahre noch sichtbarer, auch erhielten die Blätter eine etwas gelbe Farbe. Im dritten und vierten Jahre endlich erreichten die Sprosse nur geringe Länge; es wurde aber eine Menge von Blüthen erzeugt, während die gleichaltrigen, normalen Stämme deren noch keine bildeten. Dann starb der Baum.

Ein dem Ringelschnitt ähnliches Verfahren wandte *Schabol*[2]) an, um üppig treibende, sterile Bäume fruchtbar zu machen. Er führte auf den beiden Längshälften eines Zweiges mit einander alternirende einfache, etwas geneigt verlaufende Einschnitte aus, welche bis auf das Holz reichten und der Länge nach jedesmal etwa sechs Zoll von einander entfernt waren. Auch auf diesem Wege wurde die Bildung der Langtriebe beschränkt und die der Kurzbez. Blüthensprosse befördert. — *Schabol* bezeichnete diese Operation als „scarification"; wozu jedoch zu bemerken ist, dass die

---

[1]) l. c. II, p. 102.

[2]) *R. Schabol.* La Pratique du Jardinage. Nouvelle édition. Paris, 1774. I, 282.

„scarificatio" der Alten, auf die wir noch zurückkommen werden, ein damit nicht identisches Verfahren darstellt.

Bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts waren die Angaben bezüglich der Anwendung des Ringelschnittes sporadisch, das Verfahren hatte praktisch nur geringe Bedeutung. In diesem Punkte trat eine Aenderung ein, als gegen 1790 ein französischer Züchter, *Lancry*, dasselbe nachdrücklich empfahl, und die Ergebnisse seiner eignen Bemühungen öffentlich vorlegte. Nach ihm erhielt der Ringelschnitt einen weitern beredten Vertheidiger in *Lambry*, welcher besonders auf seine Bedeutung für die Weinzucht hinwies. Nunmehr war das allgemeine Interesse wachgerufen. Der Minister des Innern und die Societé d'Agriculture ernannten Commissionen zur Prüfung der Sache; die namhaftesten Autoritäten beschäftigten sich mit der Frage. Das Resultat aller dieser Bemühungen war, dass *Rosier*, *Parmentier*, *Bosc*, *Thouin*, dann *Raspail*, *Noisette*, *Poiteau*, *Sageret*, *comte Odart* und noch viele andere der berufensten Fachmänner sich bald mehr, bald minder nachdrücklich für Anwendung der fraglichen Operation aussprachen.

Aber nicht blos auf Frankreich blieb die Discussion beschränkt. Durch sie angeregt erschien im Jahre 1807 eine Schrift von *Hempel*[1]), die es sich zu besonderer Aufgabe stellte, dem Ringelschnitt auch in Deutschland Verbreitung zu verschaffen. Seitdem ist dieser Gegenstand in Zeitschriften vielfach besprochen, und in die meisten Lehrbücher über Obstbaumzucht aufgenommen worden.

Auch in England wurde die Frage von Neuem erörtert. *E. Darwin*[2]) frischte die alten Erfahrungen wieder auf; *Knight*[3]) dagegen äusserte sich, wenn auch die Richtigkeit der allgemein gemachten, sachlichen Angaben bestätigend, hinsichtlich der Nützlichkeit des Verfahrens sehr skeptisch. Die von ihm gegebene Erklärung des Thatbestandes läuft im Wesentlichen auf dasselbe hinaus, was schon *P. Blair* geäussert hatte. Er nimmt an, dass der von den Blättern kommende assimilirte, in der Rinde abwärts

---

[1]) *G. C. L. Hempel.* Der pomologische Zauber-Ring. Leipzig 1816.

[2]) *Er. Darwin.* Phytologia. p. 398 ff.

[3]) *T. A. Knight.* Physiological observations upon the effects of partial decortication, or ringing the stems or branches, of fruit-trees. Selection of Knights Papers, p. 246.

UNIVER
OF
CALIF

fliessende Saft, „true sap", an der entrindeten Stelle aufgehalten werde, in den Splint sinke, sich mit dem rohen aufsteigenden Safte vermische, wieder in die oberen Zweigtheile gelange, und hier zu vermehrter Blüthen- und Fruchtbildung verwendet werde.

Nach der lebhaften Bewegung für die Anwendung des Ringelschnittes im Anfang unseres Jahrhunderts trat eine längere Pause in der Erörterung der Frage ein. In den letzten Decennien aber lebte die Discussion, und zwar auch dieses Mal in Frankreich, wieder auf. Von Neuem beschäftigten sich die besten Autoritäten mit unserm Gegenstande, von Neuem wurde eine Commission zur Prüfung desselben ernannt, und wieder wurde das Verfahren im Allgemeinen empfohlen. Gegenwärtig wird es in Frankreich vielfach im Kleinen, local aber auch im Grossen angewandt. Zu seiner Ausführung hat man eigene Instrumente construirt, mit denen ein Rindenring von höchstens 2 Mill. Breite entfernt wird.

Den Gang der Erörterungen, die in Frankreich sowohl als in Deutschland stattgefunden, genauer darzulegen, ist hier nicht der Ort. Lediglich Andeutungen mögen genügen. Männer von anerkanntem Ruf, wie *Baltet*, *Guyot*, *Lucas* und Andere, empfehlen den Ringelschnitt in der Weincultur, weil er, wenn zur Blüthezeit ausgeführt, das Abfallen der Blüthen verhindere, zur Vergrösserung der Früchte beitrage und die Reife derselben beschleunige. Nach dem Einen soll die Qualität des gewonnenen Weines eine bessere werden, was aber von Anderen bestritten wird. Die chemischen Analysen, welche man mit den auf den verschiedenen Wegen gewonnenen Weinsorten ausgeführt hat, scheinen noch weiterer Begründung zu bedürfen.

Zum Schluss möge hier das Urtheil von *Hardy*[1]) angeführt werden. Der Ringelschnitt ruft an dem unter ihm gelegenen Zweigtheile die Bildung von Langtrieben, an den über ihm befindlichen Blüthen- und Fruchterzeugung hervor. Er beschleunigt die Reife der Früchte, schadet aber etwas ihrer Qualität. Die Anwendung der Operation darf nur mit Vorsicht geschehen. Bei schwachen Bäumen gar nicht anwendbar, soll sie auch bei kräftigen Objecten stets nur theilweise ausgeführt werden; sie schwächt immer, um

---

[1]) *Hardy*. Traité de la taille des arbres fruitiers. VII. Ed. Paris, 1875. p. 63 ff.

so mehr, an je zahlreicheren Zweigen sie angewandt wird. Die Breite des entfernten Rindenringes wechselt mit der Dicke des Zweiges; stets sollte er aber so schmal sein, dass die Wunde bis zum Schluss der Vegetationsperiode vernarbt sein kann.

Soviel über den praktischen Stand der Frage.

Ueberblickt man das bisher Gesagte, so ergiebt sich alsbald, dass die Erscheinungen, welche der Ringelschnitt nach sich zieht, einer einheitlichen Behandlung noch gänzlich entbehren. Um die zuletzt besprochenen Thatsachen haben sich die Botaniker auffallender Weise so gut wie gar nicht gekümmert; und es ist dies auch begreiflich, wenn man bedenkt, dass es sich für sie fast ausschliesslich um Säftebewegung handelte. Um aber die Folgen der fraglichen Operation einheitlich zu begreifen, bedarf es einer neuen Fragestellung, ist es nothwendig, die Säftebewegung einmal ausser Acht zu lassen.

Im ersten Theile dieser Arbeit wurde durch eine Reihe einfacher Versuche gezeigt (vergl. S. 34 u. flgd.), dass man bei der Untersuchung der Folgen des Ringelschnittes gewisse Punkte nicht berücksichtigt hat. Hinsichtlich ihrer physiologischen Folgen kommt die Operation an anatomisch normal gebauten dicotylen Holzgewächsen — und nur diese haben wir hier im Auge — einer vollständigen Trennung der betreffenden Theile gleich; durch sie kann man einen Pflanzentheil in derselben Weise, wie durch völliges Zerschneiden, in Individuen zerlegen. Jedes derselben wächst unabhängig nach den ihm eignen morphologischen Gesetzen. — Diese früher gewonnenen Erfahrungen auf unsern gegenwärtigen Fall, auf die Ringelung am Baum angewandt, ergiebt sich: am aufrechten Zweige wird durch den Ringelschnitt aus dem über demselben gelegenen Theile ein Individuum gebildet, das ein selbständiges Wachsthum befolgt. Von dem mütterlichen Organismus her bekommt dasselbe Wasser und in diesem gelöste Stoffe zugeführt, ist aber bezüglich der morphologischen Natur seines Wachsthums von jenem unabhängig.

Die Entwickelung eines solchen Individuums begreift man alsbald, wenn man sich der im letzten Kapitel mitgetheilten Thatsachen, der Topfcultur von Bäumen u. s. w., erinnert. Das über der Ringelstelle gelegene Zweigstück verhält sich

wie eine Pflanze, deren Wurzelbildung gehemmt wird. Es bildet keine Lang-, wohl aber reichlich Kurzsprosse bez. Blüthen und Früchte. Wahrscheinlich würde es sich lange Zeit in dieser Art entwickeln können, wenn nicht in dem entrindeten Holzstück nach und nach Veränderungen einträten, welche eine Störung in der Wasserzufuhr bedingten, und dadurch früher oder später den Tod des Individuums herbeiführten. Findet dagegen noch rechtzeitig eine Ueberwallung der Wundstelle statt, so verwächst das obere Individuum mit seiner Mutterpflanze, und entwickelt sich nun gemäss dem Orte, den es an der letztern einnimmt. Es würde etwa auf dasselbe hinauslaufen, wenn man einen Zweig von der Mutterpflanze abschnitte, sich kurze Zeit entwickeln liesse, und dann durch Pfropfung wieder mit der Mutterpflanze an entsprechendem Orte vereinigte.

So das über der Ringelstelle gelegene Zweigstück. An dem unter derselben befindlichen Theile dagegen ist eine Spitze gebildet, an welcher an der Wundlippe adventive oder aus unter dieser vorhandenen Knospen normale Langsprosse erzeugt werden.

In dem Angeführten liegt der Schlüssel zum Verständniss der Erscheinungen, welche der Ringelschnitt darbietet. Will man sich von der Richtigkeit unserer Anschauungen überzeugen, so umgebe man nur die Basis des über dem Ringelschnitt gelegenen Zweigtheiles mit feuchter Erde, und man wird finden, dass dann dem nun stattfindenden Wurzelwachsthum entsprechend an der Spitze die Bildung von Langsprossen erfolgt.

Während ich die äusserst zahlreichen Angaben meiner Vorgänger auf diesem Gebiete, sowohl der wissenschaftlichen als der praktischen, zusammenstellte und sichtete, war es gleichzeitig mein Bemühen, mich durch eigene Untersuchungen von allem Wesentlichen selbst zu überzeugen. Seit dem Frühjahr 1876 wurde der Ringelschnitt an den verschiedensten Holzpflanzen ausgeführt und seine Folgen Jahre hindurch beobachtet. Da eine specielle Darstellung der eigenen und Anderer Untersuchungen auf den Leser ermüdend wirken dürfte, so ziehe ich es vor, die Ergebnisse sämmtlicher Beobachtungen im Nachfolgenden kurz und zusammenfassend mitzutheilen.

a. Vollständiger Ringelschnitt[1]).

Führt man im Frühling vor dem Knospenaustrieb an Zweigen unserer dicotylen, normal gebauten, aufwärts wachsenden Holzpflanzen den Ringelschnitt aus, so entsteht an der Basis des über dem Schnitt gelegenen Zweigtheiles ein Calluswulst von meist beträchtlicher Entwickelung, der über die entrindete Stelle hinzuwachsen bestrebt ist. Von feuchtem Medium umgeben, zeigt derselbe fast ausnahmslos Neigung, Wurzeln zu erzeugen; ja an Zweigen mit leichter Wurzelbildung, wie bei Weidenarten, können die Anlagen derselben sogar in trockner Luft die Rinde durchbrechen.

Das Oeffnen der Knospen geschieht an den operirten und nicht operirten Zweigen desselben Stammes gleich schnell, ebenso wenig ist anfänglich in der Entwickelung der Apicaltriebe derselben ein Unterschied zu gewahren. Bald aber tritt ein solcher ein; die Apicalsprosse der geringelten Zweige bleiben mehr und mehr im Wachsthum zurück und stellen dasselbe sehr bald ein, während die der nicht geringelten Zweige sich in normaler Weise fort entwickeln. — Während an den letzteren somit Langtriebe bez. Mittelbildungen und Kurztriebe bez Blüthen entstehen, bilden sich an den ersteren nur Mittelbildungen und Kurzsprosse, diese aber nun in grösserer Zahl. Je nach der Art werden nun entweder in der gleichen oder der folgenden Vegetationsperiode an den geringelten Zweigstücken in erhöhtem Maasse Blüthen und Früchte erzeugt, das erstere z. B. beim Weinstock, das letztere bei den Pomaceen. Wie bei den oben besprochenen Topfkulturen wird also auch hier auf Kosten des vegetativen Wachsthums die sexuelle Thätigkeit gesteigert.

Findet keine Ueberwallung der Wundfläche statt, so geht der über derselben gelegene Zweigtheil früher oder später zu Grunde. Die Dauer seines Lebens steht im Allgemeinen in geradem Verhältniss zur Dicke des Zweiges und zur Festigkeit seines Holzbaues. Je umfangreicher der Zweig und je fester sein Bau, um

---

[1]) Das Nachfolgende bezieht sich zunächst nur auf den Ringelschnitt, doch gilt das Gesagte zugleich auch für jede dem Aste oder Zweige fest angelegte Ligatur.

so langsamer wirken in der von Rinde entblössten Holzpartie die die Wasserbewegung störenden Momente, und um so länger hält sich der über jener befindliche Theil. — An schwächeren Zweigen erfolgt der Tod des letzteren schon Mitte Sommers, an etwas stärkeren gewöhnlich im Laufe des Herbstes oder Winters. Kräftige Zweige erreichen ein Alter von zwei, selbst drei Jahren; geringelte Bäume können vier Jahre und selbst noch länger leben.

Geht dagegen rechtzeitig eine Verwachsung der obern und untern Wundlippe vor sich, dann werden die durch den Schnitt verursachten Wachsthumsstörungen nach und nach ausgeglichen, bis endlich die normalen Verhältnisse wieder hergestellt sind. Der Uebergang zu den letzteren ist ein allmäliger. In der ersten Zeit nach der Ueberwallung ist das vegetative Wachsthum des über der Wunde gelegenen Zweigtheiles noch gering, die Bildung der Kurztriebe überwiegend; erst nach und nach nehmen Länge, Stärke und Zahl der erzeugten Langsprosse zu. — Der Ueberwallungs-Prozess selbst findet vorwiegend, manchmal ausschliesslich, von dem oberen Callus aus statt, der nicht selten in auffallend ungleichförmiger Weise über die Wundfläche hinwächst.

Während, wie erwähnt, die obere Wundlippe einen meist umfangreichen Calluswulst erzeugt, ist der untere in der Regel erheblich kleiner, ja selbst bis zum Verschwinden unentwickelt. Das letztere gilt besonders von schwachen Zweigen, an denen häufig das ganze zwischen der Ringelstelle und den nächstunteren Knospen gelegene Rindenstück rasch zu Grunde geht. Kommt der Callus an der unteren Wundlippe zur Ausbildung, so zeigt er das Bestreben, Adventiv-Knospen zu bilden, doch kommt es im Ganzen nicht häufig zur Erzeugung derselben. (An einem Zweige von Acer Pseudo-Platanus sah ich sie in grosser Zahl entstehen, trotzdem die unter der Ringelung befindlichen Triebe in lebhaftem Wachsthum begriffen waren.) Sind normale Knospen unter der entrindeten Stelle vorhanden, so entwickeln sich dieselben zu Langtrieben; waren die Knospen schon zu Sprossen entwickelt, so erfahren diese einen gesteigerten Nahrungszufluss. Kurz, es treten die Verhältnisse ein, welche sich sonst dem Auge nach völliger Durchschneidung des Zweiges darbieten. — Der Umstand, dass die untere Wundlippe so selten Adventiv-Knospen bildet, beruht offen-

bar darauf, dass die darunter stehenden Knospen und Triebe alle verfügbare Nahrung, soweit als möglich, an sich ziehen.

Die durch den Ringelschnitt auf das Wachsthum des Gesammt-Organismus ausgeübte Störung ist um so geringer, je kleiner der durch denselben abgetrennte Theil, um so beträchtlicher, je grösser derselbe ist. Führt man ihn an Baumstämmen in der Art aus, dass die Wunde nicht rasch wieder verwachsen kann, so stirbt in der Regel früher oder später auch der unter dem Schnitt gelegene Theil.

Die eben beschriebenen Verhältnisse gelten zunächst für aufwärts wachsende Holzpflanzen. Sie treten aber auch, und zwar in wesentlich gleicher Weise, dann ein, wenn man kräftige, ursprünglich nach oben gewachsene Zweige abwärts krümmt, und nun an dem nach unten gerichteten Theile ringelt. Und weiter bleiben sie auch dann die gleichen, wenn die Operation an Zweigen ausgeführt wird, welche ihr ganzes Wachsthum in inverser Richtung vollzogen haben, wie es bei Trauerbäumen der Fall ist. Stets ist es die morphologische Basis des durch den Ringelschnitt abgetrennten Individuums, welche den grösseren Calluswulst erzeugt. Dieser befindet sich nun also unter der entrindeten Stelle, während oberhalb derselben Langtriebe gebildet werden. Nicht die Schwerkraft bedingt die morphologische Form der über und unter der entrindeten Stelle entstehenden Neubildungen, sondern in erster Linie sind es innere Ursachen, welche dieselbe bestimmen.

Wird der Ringelschnitt an Wurzeln ausgeführt, beispielsweise der Ulme oder der Pappel, so entstehen an den Wundlippen ebenfalls Wülste, deren oberer in geeignetem Medium wieder Wurzeln erzeugt, während der untere meist reichlich Knospen hervorbringt. Der Umstand, ob die operirte Wurzel einen mehr oder weniger abwärts gerichteten oder horizontalen Verlauf hat, ist dabei gleichgültig.

Erfolgt die Operation des Ringelschnittes zu anderer Zeit, als im Frühjahr, so sind die Erscheinungen, welche er nach sich zieht, im Wesentlichen immer die gleichen; nur tritt, wenn man ihn im Hochsommer ausführt, eine kleine Abweichung ein, die darin besteht, dass sich an schwächeren, reichbelaubten Zweigen häufig Störungen einstellen, welche deren vorzeitigen Tod herbeiführen.

b. Partieller Ringelschnitt.

Die Erscheinungen, welche der theilweise Ringelschnitt zur Folge hat, wurden ebenfalls schon im ersten Theile dieser Arbeit angedeutet; wir kommen hier noch einmal kurz darauf zurück.

Hebt man von einem Zweige oberhalb einer Knospe ein kleines Rindenstück ab, so erfährt dieselbe einen gesteigerten Nahrungszufluss und eine dementsprechende Entwickelung. Auf diese Weise kann man Basalknospen eines Zweiges, welche unter normalen Verhältnissen in Ruhe bleiben würden, zum Austreiben veranlassen; ebenso Knospen in höherer Region des Zweiges zur Bildung stärkerer Triebe nöthigen, als sie dem Orte derselben entsprechen, z. B. einen Langtrieb an Stelle eines Kurzzweiges hervorrufen. — In derselben Art kann man auch einem Zweige dadurch einen stärkeren Nahrungszufluss verschaffen, dass man über ihm an seinem Mutterzweige einen partiellen Ringelschnitt anbringt.

Wird das Rindenstück nicht über, sondern unterhalb einer Knospe abgehoben, so findet zu derselben eine geringere Nahrungszufuhr statt; sie bleibt in Folge dessen ruhend oder entwickelt sich schwächer, als es unter normalen Verhältnissen der Fall sein würde. In der Mitte eines Zweiges angebracht, verursacht die Operation, dass die über ihr befindliche Knospe in Ruhe bleibt; in der Nähe der Zweigspitze ausgeführt, erfährt die betreffende Knospe nur mässige Entwickelung oder bleibt vielleicht ebenfalls in Ruhe. — Dass die entsprechenden Verhältnisse auch eintreten, wenn der partielle Ringelschnitt unter schon mehr oder minder entwickelten Zweigen angebracht wird, braucht nicht näher erörtert zu werden.

Spaltet man einen Zweig von seiner Spitze aus bis zu einiger Entfernung, so erhält man zwei Hälften, die sich gleich selbständigen Zweigen unabhängig von einander entwickeln. Dass man auch auf jeder beliebigen Höhe des Zweiges der Länge nach Theile von ihm trennen, und, wenn nur der Zusammenhang an ihrer Spitze oder Basis mit dem Mutterzweige gesichert bleibt, zum Wachsthum veranlassen kann, ist selbstverständlich. Dass man ferner auch das oben besprochene Experiment von *Brotherton* an jedem beliebigen Orte der Pflanze ausführen kann, und welches

Ergebniss. es im einzelnen Falle liefert, bedarf keiner besonderen Besprechung. Dasselbe gilt von den partiellen Ringelungen, welche man an der Wurzel vornehmen kann, und die an geeigneten Objecten stets ein sicheres Resultat geben.

Auch der partielle Ringelschnitt an Zweigen wird von den Züchtern der Neuzeit nicht selten in Anwendung gebracht. Sie heben bald ein kleines Rindenstück ab, bald führen sie nur einen querverlaufenden, einfachen Einschnitt aus, der bis auf das Holz reicht. Die Erschwerung der Stoffwanderung, welche durch diese leichte Verwundung und deren Heilung verursacht wird, hat schon einen, wenn auch nur mässigen, so doch in vielen Fällen genügenden Einfluss auf die Entwickelung der darunter oder darüber gelegenen Knospen [1]).

Die hier über die Folgen des Ringelschnittes mitgetheilten Thatsachen lehren von Neuem, dass der Experimentator es vermittelst einfacher Manipulationen gänzlich in seiner Gewalt hat, eine noch indifferente Zellengruppe zur Bildung einer Wurzel- oder Sprossanlage zu veranlassen; dass er es weiter vermag, die Entwickelung einer noch indifferenten Knospe, ob zu einem kürzeren oder längeren Laub- oder zu einem Blüthenspross, völlig zu bestimmen.

Ueber Längswunden am Baume.

Nachdem im Vorstehenden so viel von künstlichen Verwundungen des Baumes die Rede gewesen, können wir nicht unterlassen, hier noch auf ein Verfahren hinzuweisen, das uns ebenfalls schon aus dem Alterthum überkommen ist, und in der Gegenwart noch vielfach angewandt wird.

Um den Stamm oder die Aeste eines Baumes zu rascherem Dickenwachsthum zu veranlassen, durchschnitt man im Alterthum ihre Rinde mit einem Messer einfach der Länge nach bis etwa zur Tiefe des Splintes. Der Schnitt hatte eine wechselnde Länge und reichte am Stamm vermuthlich von der Krone bis zum Boden. — Dieses Verfahren wurde als ein dem Schröpfen der Menschen und

---

[1]) Vergl. *Hardy*. l. c. p. 61.

Thiere analoges betrachtet, und bei *Plinius*[1]) als „scarificatio" bezeichnet und beschrieben. Unter demselben Namen wird es in den Gartenbüchern aus dem Ende des Mittelalters und dem Anfange der neueren Zeit empfohlen, so unter Anderen bei *Lauremberg* und am genauesten bei *Rhagor*[2]).

Gegenwärtig wird es in allen Schriften über Obstbaumzucht als ein Mittel angegeben, um das Dickenwachsthum von Zweig oder Stamm zu beschleunigen; man empfiehlt es besonders dann, wenn die Rinde nicht saftig ist. Die Schnitte werden, wie von jeher, parallel zur Längsaxe gerade am Stamm oder Zweige bis etwa zur Tiefe des Cambiums hinabgeführt[3]).

Die fraglichen Wunden wirken offenbar wie ein Reiz. Zu ihrer Heilung findet ein Strom plastischer Substanzen statt, der dem ganzen Stamm- oder Zweigumfang zu Gute kommt und das Dickenwachsthum desselben befördert. Inwieweit dabei der Umstand in Betracht kommt, dass durch die Längseinschnitte die Rindenspannung gemindert und local aufgehoben wird[4]), muss ich nach den jüngst über diesen Gegenstand veröffentlichten Untersuchungen dahingestellt sein lassen[5]).

Es muss ferner einstweilen unerörtert bleiben, ob durch die Operation das Gesammtwachsthum des Baumes gesteigert, oder ob die zum vermehrten Dickenwachsthum erforderliche Nahrung auf Kosten anderer Theile herbeigeführt wird. — Praktisch verwerthbar ist das Verfahren jedenfalls nur in denjenigen Fällen, in welchen die Objecte genügende Kraft und Wachsthumsfähigkeit besitzen; schwächliche Individuen würde man dadurch ruiniren, was übrigens von erfahrenen Züchtern selbst zugegeben wird.

---

[1]) *C. Plinii Sec.* Naturalis historia XVII, 27 und besonders 42.

[2]) *D. Rhagor.* Pflantz-Gart. Måyntz 1651. S. 99 ff.

[3]) *Hardy.* l. c. p. 62 und 63.

[4]) Vergl. *H. de Vries* in Flora 1872, p. 241; 1875, p. 97; 1876, p. 2. Ferner in: Archives Néerlandaises. Bd. 11. „De l'influence de la pression sur la structure des couches ligneuses."

[5]) *G. Krabbe.* Ueber die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahrringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. — Sitzber. d. K. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1882. Dec. (S.-A.)

Verschiedenes.

Die Lebensperioden des Baumes.

Vielfach im Laufe unserer Untersuchungen waren wir genöthigt, auf die Bedeutung hinzuweisen, welche die verschiedenen Altersstadien eines Baumes für die Entwickelung seiner Glieder besitzen. Dieser Gegenstand bedarf noch einer etwas näheren Betrachtung.

Schon ein flüchtiger Blick lehrt, dass die Zahl und Vertheilung der differenten Sprossformen, sowie die Energie der Entwickelung derselben sich in den aufeinander folgenden Altersperioden verschieden verhalten. Eine eingehende Untersuchung ergiebt, dass der Baum einen Lebenslauf vollzieht, welcher sich durchaus dem eines höheren Thieres vergleichen lässt; wie dieses hat er seine Jugend, seine Entwickelungshöhe, sein Alter und seinen Tod[1]). In diesen Phasen ist die Wachsthumsbewegung, welche er in seinen Gliedern durchläuft, eine sehr verschiedene.

Das Jugendalter eines Baumes zeichnet sich aus durch ein lebhaftes vegetatives Wachsthum. Die Länge und Stärke der Jahrestriebe erreicht in dieser Zeit ihr Maximum, ebenso die Anzahl der von ihnen alljährlich erzeugten gleichen Tochterbildungen. Bei der Keimung unscheinbar beginnend, nimmt die Länge der Jahressprosse meist rasch zu; ebenso wächst die Zahl der aus ihren Spitzen hervorgehenden neuen Langtriebe. Eine Bildung von Kurztrieben dagegen findet anfänglich gar nicht statt, oder, wenn vorhanden, endet sie nicht in Blüthen und Früchten. Unter normalen Verhältnissen ist die sexuelle Thätigkeit des Baumes in seinem

---

[1]) Vergl. hierzu *Pfeffer*. Pflanzenphysiologie. Leipzig 1881. II, 427.

Jugendalter, wenn überhaupt vorhanden, dann gänzlich verschwindend gegenüber dem vegetativen Wachsthum. Die aufeinander folgenden Generationen kräftiger Langtriebe sind den Morphologen nicht unbemerkt geblieben, und wurden von ihnen als „Erstarkungs-Generationen" bezeichnet.

Ist der Höhepunkt in dieser Thätigkeit erreicht, dann tritt früher oder später allmälig eine rückgängige Bewegung ein. Länge und Stärke der apicalen Langtriebe nehmen um etwas ab, ebenso wird die Zahl derselben geringer. Dafür wächst jetzt die Anzahl der Kurztriebe, und dementsprechend beginnt eine immer sich steigernde Bildung von Blüthen und Früchten. So geht der Baum allmälig dem Höhepunkte seiner sexuellen Thätigkeit entgegen. Auf diesem angelangt, bleiben die Verhältnisse häufig lange Zeit stationär. Die Zahl der alljährlich gebildeten Langtriebe ist eine constante und beschränkte; gewöhnlich ist nur ein einziger apicaler vorhanden. Ebenso ist die Anzahl der jährlich neu erzeugten Kurzsprosse eine innerhalb enger Grenzen schwankende. — Wollte man nach einem Höhepunkte der Gesammtentwickelung des Baumes fragen, so dürfte sich das beschriebene Stadium vielleicht als solcher bezeichnen lassen. Aber auch dieser geht vorüber. Mehr und mehr nimmt die Länge der apicalen Jahrestriebe ab, während die Zahl der Kurzsprosse zunächst noch annähernd gleich bleibt. Der Baum ist mit Blüthen und Früchten bedeckt, seine sexuelle Thätigkeit jetzt weit überwiegend. Weiterhin aber wird, dem Kürzerwerden der Langtriebe entsprechend, die Zahl der Kurzsprosse geringer, ja an Orten mit langsamem Wachsthum gehen die Apicalknospen der ersteren häufig schon in Blüthenbildung über. Dieser Process greift immer weiter um sich; immer träger wird der Baum in der Erzeugung vegetativer Triebe, bis diese endlich erlischt.

Mit der Abnahme der Zahl ist mittlerweile aber auch die Qualität der Früchte eine schlechtere geworden; kleiner und unvollständiger, enthalten sie vielfach mangelhafte Samen, und sind selbst gänzlich taub. — Nun beginnt ein neuer Process: der Baum stirbt von den Spitzen seiner Zweige aus allmälig ab; mehr oder minder rasch ergreift der Tod die einzelnen Theile der Krone. Nicht selten entstehen um diese Zeit in den tieferen Regionen der letzteren noch einmal kräftige Sprossbildungen, einem letzten Auf-

flackern der Lebensflamme vergleichbar. Dann schwinden auch diese, und nun steht, wenn nicht vorher schon die Axt seinem Dasein ein Ziel setzte, der Stamm verdorrt da.

Dies die allgemeinen Züge des Lebenslaufes eines Baumes, die sich nun je nach der Art bald in einem oder wenigen Menschenaltern, bald in Jahrhunderten abspielen. Dass aber wirklich jedes Individuum einen solchen Entwickelungsgang befolgt, lehrt einmal der Vergleich jüngerer und älterer Stämme langlebiger, sodann die fortgesetzte Beobachtung einzelner Objecte kurzlebiger Formen.

Mit dem oben beschriebenen Entwickelungsverlaufe hängt zusammen, dass unter normalen Bedingungen jede Baumform eine ungefähr constante Höhe und constanten Umfang in und über der Erde erreicht, dass sie über ein gewisses maximales Maass der Ausdehnung nicht hinausschreitet. Das letztere ist zu betrachten als die Total-Wirkung sämmtlicher innerer und äusserer Bedingungen. Die höchst gelegenen Spross- und die tiefst gelegenen Wurzelgenerationen bezeichnen das Maximum des polaren Gegensatzes zwischen Spitze und Basis des Baumes, diese Ausdrücke im physiologischen Sinne genommen. — Diese Thatsache ist unsern früher ausgeführten Untersuchungen als nicht unwichtige Ergänzung nachzutragen.

Während der Lebenslauf eines Baumes ein einfacher und übersichtlicher ist, begegnen wir im Bereich der Sträucher nicht selten weniger deutlichen Verhältnissen. Zunächst giebt es eine Reihe grösserer Formen, die halb Bäume, halb Sträucher darstellen, wie manche der grösseren Crataegus-Arten. Der Stamm, den sie bilden, ist im Stande, wenn seine Aeste das Maximum ihrer Höhe erreicht haben, Verjüngungszweige zu bilden, die rasch emporwachsen. Dieser Process kann sich öfter wiederholen; endlich aber erlischt die Productionsfähigkeit des Stammes, und er geht nun, wie der eines Baumes, langsam dem Verfall entgegen. — Wie sich bei dem Verjüngungsprocess der Krone die Wurzeln verhalten, ob auch sie local eine entsprechende Ergänzung erfahren, habe ich nicht untersucht; aller Wahrscheinlichkeit nach findet an ihnen ein analoger Vorgang statt.

Bei den Sträuchern, die unter oder an der Erdoberfläche Innovationssprosse bilden, wird die Beurtheilung der Verhältnisse darum schwieriger, weil diese fortwährend neue, selbständige, wenn

auch mit ihnen zusammenhängende Individuen bilden. Hier kann man nur den Lebenslauf der einzelnen oberirdischen Hauptaxe verfolgen; dieser aber spielt sich in derselben Weise ab, welche vorhin beschrieben wurde.

Ueberall, wohin wir blicken im Bereiche des Lebendigen, gewahren wir dasselbe allgemeine Verhalten. Mehr oder minder schnell erreicht jedes Individuum den Höhepunkt seiner Entwickelung, um dann allmälig wieder von diesem herabzusinken. Dasselbe Gesetz wiederholt sich aber auch im Besonderen an jedem einzelnen Theile des Individuums. Die grosse Curve, welche der Lebenslauf des Ganzen darstellt, setzt sich zusammen aus den Partialcurven der Entwickelung seiner einzelnen Theile und deren Functionen. Die Maxima dieser Partialcurven aber können zeitlich an verschiedene Orte fallen, wie uns oben die Curven des vegetativen und sexuellen Lebens gezeigt haben. — Genau betrachtet stellt der Lebenslauf eines Individuums im eigentlichen Sinne die grosse Wachsthumscurve desselben dar; die Curven der einzelnen Organe desselben bis zur Zelle herab sind nur die Componenten, aus denen sich die allgemeine Curve zusammensetzt. Dasselbe Gesetz, welches den Lebenslauf des Ganzen regelt, spiegelt sich wieder in jedem Organ desselben, und endlich auch in jeder Zelle, welche am Aufbau der Totalität theilnimmt.

Auf der richtigen Kenntniss der im Obigen mitgetheilten Thatsachen beruhen verschiedene Regeln, welche die Praxis der Züchter aufstellt, und von denen hier nur eine mitgetheilt werden mag. Bei der Wahl von Reisern zum Veredlen und Zweigen zu Stecklingen schreibt dieselbe vor, wenn möglich nur Glieder von jungen, kräftig wachsenden Bäumen zu wählen. Offenbar liegt dieser Regel die richtige Vorstellung zu Grunde, dass der Theil eines Individuums die Eigenschaften besitze und übertrage, welche dem letzteren in dem betreffenden Lebensalter zukommen.

Der polare Gegensatz an den Pflanzentheilen und seine Beziehungen zum Geotropismus.

Wir können diesen Abschnitt nicht beschliessen, ohne noch einmal auf die inneren Ursachen, deren Wirkungen wir in so

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

mannigfaltiger Art, theils für sich, theils in Verbindung mit anderen Bedingungen, studirt haben, zurückzukommen. Diese Ursachen, so constant auch ihre Wirkungen sind, stehen uns zur Zeit als völlig unbekannt gegenüber. Vielleicht dürfte es gelingen, sie dem Verständniss dadurch etwas näher zu führen, dass wir sie zu anderen bekannten Kräften und deren Wirkungen in Beziehung bringen. Vor Allem ist es die Schwerkraft, deren Einflüsse auf das Wachsthum der Pflanzen derart sind, dass sie zu einem Vergleiche mit den in dieser Arbeit behandelten Erscheinungen aus mehr als einem Grunde einladen.

Die Wirkung der Schwerkraft auf wachsende Pflanzentheile geht bekanntlich dahin, dass die letzteren bestimmte Richtungen annehmen. Ganz allgemein genommen, wachsen unter ihrem Einfluss vegetative Sprossgebilde nach oben, Wurzeln nach unten. Am reinsten zeigt sich diese Wirkung an den Hauptaxen, mit geringerer Stärke an den Seitenorganen und zwar um so schwächer, je höher die Ordnung derselben.

Vergleichen wir hiermit nun die Ergebnisse unserer Untersuchungen. In jedem normal gebauten isolirten Pflanzenspross ist eine innere Ursache bestrebt, an seiner Spitze Triebe, an seiner Basis Wurzeln zu bilden. Den analogen Verhältnissen begegnen wir an der Wurzel; hier entstehen in Folge einer inneren Bedingung Wurzeln an der Spitze, Triebe an der Basis. Und zwar sind es bald wirkliche Neubildungen, in welchen sich jene Ursachen offenbaren, bald vorhandene Anlagen, auf deren Entwickelung sie einwirken. Was aber für den getrennten Theil, das gilt auch für den Complex, für die ganze Pflanze; es gilt sowohl für die verletzte, als für die unverletzte Pflanze. Sonach entstehen auf Grund der inneren Bedingung an den Spitzen der vorhandenen Wurzeln stets neue gleichartige Bildungen, bez. wachsen die vorhandenen Vegetationspunkte fort, während die Zweige an ihren apicalen Enden ebenfalls ihres Gleichen bilden bez. sich an ihren Spitzen fortentwickeln [1]).

Ausser den genannten inneren wirken aber auch äussere

---

[1]) Dass diese Regeln an abweichend gebauten Organen bez. Objecten mancherlei Ausnahmen erleiden, thut ihrer Wahrheit keinen Abbruch.

Kräfte bestimmend auf den Ort von Neubildungen, doch tritt ihr Einfluss im Allgemeinen weit hinter den der ersteren zurück.

Der erste dieser äusseren Factoren ist die Schwerkraft. Wie in dieser Arbeit dargethan wurde, geht ihr Bestreben dahin, Wurzelanlagen an einem vorhandenen Zweig- oder Wurzelstück an dem dem Erdmittelpunkte zugewandten Ende bez. Seite, Sprossanlagen dagegen an dem dem Erdcentrum abgewandten Ende bez. Seite entstehen zu lassen. — Auf die Weiterentwickelung schon vorhandener Anlagen der beiderlei Bildungen wirkt dieselbe Kraft in hemmender oder fördernder Art, fördernd auf die dem Erdmittelpunkte zugewandten Wurzel- und die dem Gravitationscentrum abgewandten Sprossanlagen, hemmend auf diejenigen Bildungen der beiderlei Art, welche die zu den bezeichneten entgegengesetzten Lagen einnehmen.

Ausser der Schwerkraft wirkt, und zwar in analoger Art, das Licht auf den Ort der Neubildungen. Sein Einfluss ist im Allgemeinen fördernd für Sprossbildungen auf der beleuchteten, für Wurzelbildungen auf der beschatteten Seite, hemmend für die beiderlei Bildungen auf den entgegengesetzten Seiten. Und zwar gilt auch dies sowohl für wirkliche Neuanlagen, als die Ausbildung schon vorhandener, differenzirter Anlagen von Sprossen und Wurzeln.

Die genannten beiden äusseren Kräfte haben also erstens einen Einfluss auf die Richtung wachsender Pflanzentheile, zweitens wirken sie bestimmend auf den Ort der Anlage derjenigen Gebilde, für deren Wachsthumsrichtung sie später maassgebend sind. — Bedenkt man dies, und zieht weiter den Umstand in Betracht, dass die Richtung der, für die Spross- und Wurzelanlegung weitaus wichtigsten, inneren Ursachen in normal aufrecht wachsenden Pflanzen mit der Richtung jener äusseren Kräfte im Allgemeinen zusammenfällt, so liegt nichts näher, als der Gedanke, die inneren Ursachen selbst als eine Function der beiden äusseren Kräfte aufzufassen. Hier bieten sich nun verschiedene Möglichkeiten dar.

Am nächsten liegt die Annahme, dass die innere Ursache eine Prädisposition darstelle, welche unter dem Einfluss der äusseren Kräfte, besonders der Schwerkraft, während seiner eigenen Entwickelung in dem Organ entstehe, und nun am fertigen

Gebilde als selbständige Ursache auftrete[1]). Allein diese Annahme steht mit dem oben geschilderten Wachsthum der Trauerbäume in directem Widerspruch, und ist ausserdem durch den Versuch leicht zu widerlegen. Man braucht nämlich nur Gebilde von morphologisch völlig gleicher Natur sich in verschiedenen Richtungen entwickeln zu lassen, dann von der Mutterpflanze zu trennen, und nun unter gleichförmigen äusseren Bedingungen zur Regeneration zu veranlassen.

Derartige Experimente wurden im Laufe meiner Untersuchungen wiederholt, zuletzt in einer Form ausgeführt, die jeden Einwand ausschliesst.

An einem freistehenden grossen Baume von Salix purpurea var. pendula erhielten junge kräftige Sprosse, welche an den Spitzen hängender Zweige entstanden, durch Befestigung mit weichen Fäden eine derartige Lage, dass während ihrer gesammten Entwickelung die wachsenden Spitzen annähernd senkrecht nach unten gerichtet waren. Anderen gleichartigen Zweigen wurde eine horizontale Wachsthumsrichtung ertheilt, und wieder andere endlich wuchsen senkrecht nach oben. Alle in den drei verschiedenen Richtungen sich entwickelnden Zweige befanden sich auf derselben Seite des Strauches, und waren somit einer möglichst gleichen Beleuchtung ausgesetzt. Nachdem sie ihr Wachsthum bis zum August fortgesetzt hatten, wurden sie nach vorheriger genauer Bezeichnung von der Mutterpflanze getrennt, ihrer Blätter und weichen Apicaltheile beraubt, und nun in grossen mit Wasserdampf gesättigten Glashäfen in der Art aufgehängt, dass jedesmal die eine Hälfte der in den verschiedenen Richtungen gewachsenen Zweige in vertical-aufrechter, die andere in senkrecht-verkehrter Lage sich befand. Während der nun folgenden Entwickelungsvorgänge wurden die Gefässe dem Lichteinfluss entzogen.

Das Ergebniss dieses Versuches war, dass an allen Zweigen ausnahmslos die morphologische Basis durch Wurzel-, die Spitze durch Sprossbildung gekennzeichnet war. Von einem Einfluss der Lage, welche die Versuchsobjecte während ihrer eigenen Entwicke-

[1]) Diese Ansicht wurde 1880 von *J. Sachs* ausgesprochen. Vergl. Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. II. Bd. S. 469 ff. — Dass sie unrichtig sei, zeigte ich in „Botanische Zeitung" 1880, S. 593 ff.

lung eingenommen hatten, auf die Reproductionsvorgänge war auch nicht das Geringste wahrzunehmen: die Sprosse- und Wurzelbildung war in allen Fällen ausschliesslich auf die apicalen und basalen Enden beschränkt. — Auch hier bewährte sich somach die schon oft im Laufe unserer Untersuchung gemachte Erfahrung, dass der polare innere Gegensatz um so schärfer ausgesprochen ist, je jünger das Gebilde ist. Auf Grund dieser Thatsachen wird man mit Nothwendigkeit zu dem Schluss getrieben, dass der Einfluss der Schwerkraft auf die Bestimmung des Ortes der Neubildungen an ganz jungen Zweigen, wenn überhaupt vorhanden, dann von verschwindender Grösse sei; und dass erst mit zunehmendem Alter in den Objecten Bedingungen eintreten, welche der Wirkung jener Kraft einen grösseren Spielraum gestatten.

Führt man den eben besprochenen Versuch mit Zweigen aus, die Jahre lang in verkehrter Lage verharrt haben, so zeigen sie den polaren Gegensatz in derselben Weise, wie aufrecht gewachsene Objecte des gleichen Alters. Wie bei diesen, so lässt sich auch an jenen ein Einfluss der Schwerkraft auf den Ort der sich entwickelnden Organe constatiren; einen Unterschied zu Gunsten des letzteren Factors konnte ich jedoch bei keinem meiner Versuche mit den Zweigen der hängenden Weiden-Varietät wahrnehmen.

Durch die eben besprochenen Experimente[1]) ist zum Ueberfluss bewiesen, dass der polare Gegensatz in den Organen nicht eine während ihrer Entwickelung durch den Einfluss äusserer Factoren hervorgerufene Prädisposition ist. Durchaus autonomer Natur, kann derselbe daher nur ein erblicher sein. Dass dies wirklich der Fall, dafür spricht gerade das Verhalten der Trauerbäume. Von aufrecht wachsenden Formen abstammend, haben sie von diesen den inneren Gegensatz hereditär überkommen und trotz der hemmenden Wirkung der äusseren Factoren bewahrt.

Wenn ich sage, der polare Gegensatz sei erblicher Natur, so meine ich damit, dass der gesammte morphologische Aufbau des Gebildes, die Configuration der sämmtlichen dasselbe zusammensetzenden Elementartheile derart sei, dass daraus mit Nothwendigkeit der Ort der neu anzulegenden Organe folgt. Jener Aufbau

[1]) Bezüglich weiterer Gründe gegen die fragliche Anschauung wolle man meinen Aufsatz in „Botanische Zeitung" von 1880 S. 593 ff. vergleichen.

aber beruht anerkannter Maassen auf der specifischen Natur des Gebildes und ist mit dieser erblich.

Ist man aber einmal zu der Anschauung gelangt, der polare innere Gegensatz sei erblich im angedeuteten Sinne, dann bietet sich eine neue Möglichkeit dar, ihn mit den oben genannten äusseren Kräften in Verbindung zu bringen, ja als eine Function derselben aufzufassen. Der jetzt einzuschlagende Weg führt uns aber ganz und gar auf den Boden der Hypothese.

Nach den seit *Darwin's* Arbeiten geläufig gewordenen Vorstellungen sind die heute auf der Erde verbreiteten Organismen das Product eines langsamen Entwickelungs-Processes; ihre erblichen Eigenschaften stellen das Ergebniss der mannigfaltigsten, im Verlaufe unzähliger Generationen erfolgten, theils inneren, theils äusseren Einflüsse dar. Besonders die letzteren sind es, denen von *Darwin* eine hohe Bedeutung für die allmälige Accumulation der Charaktere beigelegt wird.

Wendet man diese Gedanken auf unser Problem an, so wird die Annahme nahegelegt, die uns beschäftigenden inneren Ursachen als das Product der durch zahllose Generationen fortgesetzten Wirkung von Schwerkraft und Licht aufzufassen. — Macht man diese Annahme, so wird eine Reihe von Thatsachen dem Verständniss näher gerückt. Man begreift dann, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle die inneren Ursachen bei der Organbildung den Ausschlag geben, und dass daneben in geringerer Weise die äusseren Kräfte thätig sein können. Man versteht ferner, dass in einer verhältnissmässig kleinen Anzahl von Vorkommnissen die Anpassungs-Erscheinungen so beschaffen sind, dass die Wirkung der äusseren Kräfte der der inneren gegenüber in den Vordergrund tritt.

Ja noch mehr. Von dieser Annahme ausgehend, könnte man sogar das allmälige Höherwerden der Pflanzen auf dem Erdboden begreiflich zu machen suchen. Stellt man sich vor, dass die ersten mit negativem Geotropismus ausgerüsteten pflanzlichen Gebilde unter dem Einfluss von Schwerkraft und Licht eine wenn auch nur schwache Andeutung des polaren inneren Gegensatzes erlangt, so wird sich dieser bei fortgesetzter Wirkung jener Kräfte allmälig gesteigert haben, vorausgesetzt, dass mit der Höhenzunahme der Pflanzen auch die Fähigkeit gewachsen war, sich zu tragen. War dies aber der Fall, hatte die Festigkeit im Bau mit der Steigerung

der inneren Function entsprechend zugenommen, dann ergiebt sich die allmälige Höhenzunahme der Bäume als eine nothwendige Folge. Die heutigen Riesen des Pflanzenreiches lassen sich sonach auffassen als das Product eines steten Zusammenwirkens äusserer und innerer Factoren, von denen die letzteren selbst aber nur eine Function der ersteren darstellen.

Allein damit haben wir uns weit vom Bereich des Thatsächlichen entfernt. Sehen wir von der zuletzt angedeuteten Hypothese ganz ab, so kann selbst die erstere, welche sich auf die Entstehung des polaren inneren Gegensatzes bezieht, lediglich als ein Nothbehelf angesehen werden. Sie mag so lange gelten, bis es gelungen ist, directe Ursachen für jene Erscheinungen aufzufinden; bis dahin bietet sie wenigstens die Möglichkeit eines Verständnisses der letzteren.

Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass die vorhin entwickelten Vorstellungen nur für Spross und Wurzel gelten, auf das Verhalten des Blattes aber und blattartiger Sprosse keine Anwendung finden. Wie ich gezeigt habe, entstehen an diesen die beiderlei Neubildungen, Sprosse und Wurzeln an der Basis, gleichviel, welche Lage dieselben während ihrer Entwickelung einnahmen. Wollte man nun jene hypothetischen Anschauungen auch auf das Blatt und blattartige Sprosse ausdehnen, so müsste man zuvor den Nachweis führen, dass der Bau dieser Gebilde, aus welchem die Reproductions-Erscheinungen sich ergeben, eine Folge des Einflusses von Schwerkraft und Licht sei. Obgleich nun jene Organe unter der Mitwirkung dieser Kräfte von jeher zu Stande gekommen sind, und stets noch zu Stande kommen, so erscheint es doch gänzlich unmöglich, jenen Nachweis auch nur in der bedingtesten Form zu führen. Die Regenerations-Vorgänge am Blatt bleiben also einstweilen ausser Zusammenhang mit den obigen Erklärungsversuchen.

Zur Geschichte und Theorie des Obstbaumschnittes.

Allgemeines und Historisches.

Zu denjenigen Zweigen menschlicher Thätigkeit, welche fast ausschliesslich durch Empirie, durch einen allmälig gesteigerten Vorrath von technischen Erfahrungen zu einem hohen Grade von Ausbildung gelangt sind, gehört der künstliche Obstbaumschnitt.

Das Urtheil der Botaniker über diesen Theil der Gärtnerei lautet vielfach nicht günstig. Das Beschneiden der Obstbäume wird als naturwidrig und schädlich, und darum als verwerflich bezeichnet. Gelegentlich hört man auch den Ausspruch, das ganze Verfahren sei unverändert aus dem Alterthum auf unsre Zeit überkommen, und erbe sich von Geschlecht zu Geschlecht wie „eine ewige Krankheit“ fort.

Der Irrthum, welchen das letztere Urtheil darstellt, wird aus unserer späteren Erörterung genügend erhellen. Schwieriger dagegen ist der erstgenannte Einwurf zu beantworten. Dem Ausspruch, dass das Schneiden schädlich sei, ist dann unbedingt zuzustimmen, wenn die Operation von unkundiger Hand ausgeführt wird; ein Blick auf die in den Gärten häufig vorkommenden Krüppel und Jammergestalten von Obstbäumen lässt darüber keinen Zweifel. Ganz anders gestaltet sich die Frage, wenn das Messer von Meisterhand und auf Grund eines gewiegten Urtheils geführt wird.

Der Behauptung, dass auch jedes rationelle Schneiden schädlich sei, ist entgegen zu halten, dass auch die Natur vielfach Processe vollzieht, welche mit dem künstlichen Schnitt des Züchters Aehnlichkeit haben. Man betrachte einen dicht wachsenden Strauch,

und sehe, wie viele Theile desselben aus Mangel an Raum zur Entwickelung allmälig verdorren. Hier scheidet die Natur selbst das Ueberflüssige aus. Aehnlich verhält es sich mit denjenigen Sträuchern, an denen alljährlich die Apicaltheile zu Grunde gehen. Es sei hier endlich an die zahlreichen Fälle erinnert, in welchen im normalen Wachsthumsverlaufe der Pflanze mehr oder minder, häufig beträchtlich grosse Theile abgestossen werden.

Wie nun wohl Niemand es für verwerflich erklären würde, wenn der Züchter in den eben genannten Fällen der Natur zu Hülfe käme, so dürfte man vielleicht ganz allgemein die Frage aufwerfen, ob ein vorsichtig und rationell ausgeführtes Schneiden nicht nur nicht von Nachtheil, sondern sogar nützlich wäre. — In der That besteht der Schnitt einer grossen Gruppe von Bäumen lediglich darin, die überflüssigen und mangelhaften Zweige zu entfernen.

Aber gesetzt selbst, das Schneiden sei in der That schädlich, wäre es nicht möglich, dass trotz dessen dadurch ein Zweck erreicht würde, dessen Erfüllung dem Züchter reichlich den Mangel aufwöge, welchen die verkürzte Lebensdauer des Baumes mit sich bringt? Könnte man nicht durch Eingriffe in das vegetative Leben des Baumes seine Fruchtbarkeit in erheblichem Maasse steigern? Man wolle sich der oben schon mitgetheilten Züchtungsverfahren und ferner der Castration bei den Hausthieren erinnern, einer Procedur, durch welche ebenfalls eine ganze Seite der körperlichen Thätigkeit zu Gunsten anderer unterdrückt wird.

Allein es ist hier nicht unsere Aufgabe, eine Apologie des Obstbaumschnittes zu verfassen. Ein tieferer Einblick in die Sache führt zu der Ueberzeugung, dass dieser Zweig der Baumzucht das nothwendige Product gegebener Factoren ist, dass die Züchtung, wenn überhaupt, dann nur auf dem eingeschlagenen Wege ihr Ziel erreichen konnte. Der Umstand, dass man dabei gelegentlich auf Abwege gerieth, auf Ungeheuerlichkeiten verfiel, thut dem Kern der Sache keinen Abbruch.

Die besonderen Aufgaben des Obstbaumschnittes können erst im Laufe unserer Darstellung zur Erörterung gelangen. Hier sei jedoch im Voraus bemerkt, dass der Züchter dieselben besonders durch zwei Mittel zu erreichen sucht, durch den eigentlichen Schnitt in allen seinen Modificationen, und durch die Richtung, welche er

den Zweigen und Aesten ertheilt. Der Leser unserer Arbeit wird alsbald erkennen, dass damit zwei Punkte berührt sind, die in unseren Untersuchungen eine eingehende Behandlung erfahren haben. In der That stellt für uns der Obstbaumschnitt und die mit ihm verbundenen Operationen ein Experimentiren in grossartigem Maassstabe dar, ausgeführt, ganz unbekümmert um die wirkenden Ursachen, lediglich zur Erreichung bestimmter praktischer Zwecke. Unsere Aufgabe dagegen war es, durch methodische Untersuchung die Ursachen aufzudecken, welche das Ergebniss jener Experimente bedingen. Diese Aufgabe wurde ursprünglich von ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus in Angriff genommen; erst später ergab sich in gewissen experimentellen Punkten die Uebereinstimmung unsrer Untersuchungen mit den Erfahrungen der Züchter, welche von da an stets zu Rathe gezogen wurden.

Um dem nicht mit der Sache Vertrauten einen Einblick in die Aufgaben und Methoden des uns beschäftigenden Zweiges der Obstbaumzucht zu geben, mögen hier einige allgemeine Betrachtungen folgen.

Das Verfahren der Züchtung wird im Allgemeinen durch das Klima, unter welchem man züchten, und im Besonderen durch den Wuchs der Baumart oder -Varietät bedingt, die man cultiviren will. Indem wir letzteren Punkt einstweilen bei Seite lassen, fassen wir nur den ersteren in's Auge. Unsere heutige Lehre vom Obstbaumschnitt ist der Hauptsache nach nordischen Ursprungs, und hat sich seit etwa 300 Jahren entwickelt. Bis zu welcher Höhe schon im classischen Alterthum die Technik der Baumzucht ausgebildet war, lässt sich aus den vorhandenen Ueberlieferungen nicht mit Deutlichkeit erkennen. Ich habe die Arbeiten von *Theophrast*, *Plinius* und den *Scriptores rei rusticae* aufmerksam durchmustert, aber wenig Sicheres ermitteln können. Nur über den Weinbau der Römer sind uns durch *Columella* genauere Angaben hinterlassen, aus denen hervorgeht, dass man in gewissen Gegenden das Verfahren anwandte, die Reben bogenförmig über Lattenwerke zu ziehen, eine Praxis, die mit einem einiger Maassen rationellen Schnitt nothwendig verbunden war. — Ganz unbestimmt sind die Bemerkungen über das Schneiden der Obstbäume. Ausser der Angabe, dass sie überhaupt geschnitten wurden, findet man nichts Sicheres; und aus Citaten, wie dem, dass man die Zweige zu üppig

wachsender, steriler Bäume durch Herabbiegen zum Fruchttragen zwinge[1]), lassen sich keine weiter gehenden Schlüsse ziehen. Ebenso wenig eingehende Nachrichten findet man in den Gartenschriften der Renaissance, von denen ich eine Reihe durchgesehen habe, und in denen alle wichtigen Ueberlieferungen der Alten gesammelt sind. Wie dem aber auch sei, ob die Alten, besonders die Römer, schon eine entwickelte Technik des Obstbaumschnittes besassen oder nicht, sicher ist, dass wenn eine solche auch vorhanden war, sie doch auf die Gegenwart jedenfalls keinen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss ausgeübt hat. Mancherlei Kunstgriffe sind sicher der Gegenwart aus den ältesten Zeiten überliefert worden, das methodische Verfahren unserer heutigen Züchter aber hat sich unter klimatischen Einflüssen entwickelt, mit denen man in der Mittelmeer-Region nicht zu rechnen hatte.

Der Bewohner eines nördlichen Klima's, — wir haben hier Deutschland, das mittlere und nördliche Frankreich und England im Auge, — der in seinem Garten die feineren Obstsorten, auch die einer südlicheren Region entstammenden, ziehen will, findet sich stets im Kampfe mit Schwierigkeiten, welche ihm die Witterungsverhältnisse seines Landes bereiten. Der kalte Winter, die fast alljährlich noch spät im Frühjahr eintretenden Nachtfröste, der oft kühle Sommer, machen es ihm unmöglich, jene Bäume in's Freie zu setzen, und ihrem natürlichen Wuchs zu überlassen. Er verfällt daher auf das einfachste und nächstliegende Mittel, seine Bäume an Wänden und Mauern entlang zu ziehen, welche eine nach Süden oder Westen gerichtete Lage haben. An diesen sind im Winter und Frühjahr leicht Schutzvorrichtungen anzubringen, ausserdem ist die Insolation an denselben während des ganzen Jahres eine höhere. Allein die Fächerform, welche dem Baume an der Wand gewaltsam aufgenöthigt wird, ist seinem natürlichen Wuchse nicht entsprechend; er sträubt sich, um einen bildlichen Ausdruck zu gebrauchen, gegen die ihm angethane Gewalt. Die

---

[1]) *C. Plinii* Naturalis Historia l. XVI, c. 46. „Novellae arbores carent fructu quamdiu crescunt. perdunt facillime ante maturitatem palma, ficus amygdala, malus, pirus, item punica, quae etiam roribus nimiis et pruinis florem amittit. qua de causa inflectunt ramos ejus, ne subrecti umorem infestum excipiant atque contineant." Man vergleiche ferner l. XVII, c. 43.

Aufgabe nun, den natürlichen Wuchs des Baumes mit der Stellung am Spalier in Einklang zu bringen, und zwar unter möglichster Schonung seiner Gesundheit, darf als das Hauptproblem der ganzen neueren Obstbaumzucht bezeichnet werden. An den Versuchen zur Lösung dieses Problems hat sich die letztere entwickelt; alle übrigen Aufgaben derselben stehen mit jenem in mehr oder minder nahem Zusammenhange.

Auf eine allseitige geschichtliche Darlegung der Spalierbaumzucht einzugehen, ist hier nicht der Ort. Doch dürften einige aphoristische Bemerkungen[1]) über den Entwickelungsgang, den dieselbe den vorhandenen Quellen nach vermuthlich genommen hat, am Platze sein. Im Anschluss daran sollen zugleich die theoretischen Vorstellungen angedeutet werden, welche die älteren Züchter über die sie betreffenden Gegenstände, über Säftebewegung u. dgl. sich gebildet haben; Vorstellungen, die vielleicht als Ergänzung zu den Anschauungen der Botaniker der entsprechenden Zeiten dienen können. Bei der Darstellung wollen wir so verfahren, dass wir die Betrachtungen an die bedeutendsten Namen knüpfen, welche uns hier entgegentreten.

Le Gendre.

Wann und wo die Spalierbaumzucht ihren Ursprung genommen, lässt sich mit Sicherheit nicht angeben. Das Wort „spalliera" deutet auf italische Heimath, doch mangelt darüber genaue Kunde. — In Deutschland scheint schon lange in Gebrauch gewesen zu sein, Feigen und andere wärmeliebende Gewächse des ihnen dort gebotenen Schutzes und der höheren Temperatur halber an Mauern zu ziehen. Es folgt dies aus einer Stelle bei *C. Gesner*[2]), die jedoch auf eine eigentliche Spalierbaumzucht nicht im Mindesten schliessen lässt. Wäre sie zu jener Zeit in Deutschland wirklich vorhanden gewesen, so würde ihrer in „des Churfürsten August

[1]) Die ersten Untersuchungen über den Ursprung der Spalierbaumzucht verdanken wir *Du Petit-Thouars*. (Recueil de Rapports et de Mémoires sur la culture des arbres fruitiers. Paris 1815. p. 17 ff.) Die nachfolgende Darstellung beruht auf eingehendem Studium der wichtigsten einschlagenden Schriften.

[2]) *Conrad Gesner*. Horti Germaniae. 1561.

zu Sachsen künstlich Obstgarten-Büchlein"[1]) sicher gedacht sein. Allein hier findet sich keinerlei Erwähnung derselben.

Lässt sich somit über den Ursprung der Spalierbaumzucht bis jetzt nichts Bestimmtes aussagen, so sind wir dagegen über die weitere Entwickelung derselben besser unterrichtet. Diese vollzieht sich fortan so gut wie ausschliesslich in Frankreich.

Die erste wenn auch kurze, so doch sichere Angabe über unsern Gegenstand findet sich bei *Boyceau de la Barauderie*[2]). Offenbar erfreute sich das neue Verfahren damals schon einer gewissen Verbreitung. Weiterer Erwähnung geschieht desselben bei *N. de Bonnefons*, und endlich im Jahre 1652 erfolgt die erste genaue Besprechung der inzwischen immer mehr in Aufnahme gekommenen Zuchtmethode. Der Verfasser, *le Gendre*[3]), erzählt, dass schon in seiner frühen Jugend das damals neu eingeführte Verfahren sein Interesse wachgerufen, und dass er der Vervollkommnung desselben sein Leben gewidmet habe. Seine kurze Schrift über den Gegenstand kann in praktischer Beziehung als ein Muster bezeichnet werden. Hier sei nur das für uns Wichtigste aus derselben hervorgehoben.

Der Verfasser giebt dem Baum an der Mauer die Form eines Fächers. Um diese herzustellen, wird der aus dem Edelreis hervorgehende Hauptspross beträchtlich zurückgeschnitten. Aus den bleibenden Seitenknospen entstehen Triebe, welche in der Form eines Fächers an der Wand befestigt werden; der Terminaltrieb erhält dabei senkrechte Stellung. Diese Triebe werden im nächsten Jahre wieder verkürzt, und die aus ihnen hervorgehenden Seitensprosse zur Vervollständigung der Form an der Wand ausgebreitet. Auf diese Weise entsteht ein System von Zweigen, das ungefähr strahlenförmig die Wand bedeckt, und dessen untere Glieder horizontale oder schwach aufwärts geneigte Stellung haben.

---

[1]) Nach der letzten Original-Ausgabe von 1620 neu herausgegeben von *Sickler*. Weimar 1802.

[2]) *J. Boyceau, sieur de la Barauderie.* Traité du jardinage selon les raisons de la nature et de l'art. Paris, 1638. p. 84.

[3]) *Le Gendre.* De la Manière de cultiver les Arbres fruitiers. Paris, 1652. Mir war das Original leider nicht zugänglich, wohl aber eine holländische Uebersetzung von *J. Commelin.*

Bezüglich des Schneidens der Zweige räth der Verfasser, denselben abwechselnd eine grössere oder geringere Länge zu geben. Die längeren Zweige erzeugen bald Blüthen, die stark zurückgeschnittenen dagegen bilden neue Holztriebe, welche in der Folge als Ersatz dienen können. Das Befestigen der Zweige an der Wand muss in gerader Linie geschehen; sobald eine Krümmung vorkommt, häuft sich der Saft an derselben an und erzeugt einen Wassersproß („faux jet"), der nun alle Nahrung an sich rafft. Das kreuzweise Uebereinanderbinden der Zweige ist möglichst zu vermeiden.

Soweit *le Gendre*. Ueberdenkt man die von der Züchtung gestellte Aufgabe, so sieht man sofort, dass der vom Autor eingeschlagene Weg der nächste war, welcher zur Lösung derselben gewählt werden konnte. Aufgabe war, den Baum so zu ziehen, dass er die Mauer von unten bis oben möglichst vollständig bekleidete. Hätte man die Zweige befestigt, ohne sie zu schneiden, so würden die Jahrestriebe in Folge ihres Spitzenwachsthums sich rasch verlängert haben, und das Centrum des Baumes daher sehr bald von jungen Zweigen entblösst worden sein. Um dies zu vermeiden, schnitt man die Zweige zurück und näherte so die Jahresabsätze. Der Reichthum der nun auf verhältnissmässig engem Raume vorhandenen Zweige ermöglichte es, mangelhafte Triebe durch bessere zu ersetzen, und auch den centralen Theil des Baumes mit jungen Zweigen zu versehen.

Bis hierher wäre alles richtig, nun aber zeigen sich die Mängel des Verfahrens. Je nach dem mehr oder minder aufstrebenden Wuchs des Baumes reicht dasselbe für eine grössere oder geringere Anzahl von Jahren aus, dann aber macht die Natur ihre Rechte geltend. Wie wir gesehen, war von Anfang an ein aufrechtes Glied im System vorhanden, das ausserdem die Spitze des Mutterzweiges einnahm. In Folge der Wirkung innerer und äusserer Kräfte erfährt dasselbe ein immer mehr zunehmendes Wachsthum, dem man um so freieren Lauf lassen wird, je mehr es sich geltend macht. Während dessen entwickeln sich die unteren horizontalen Aeste allmälig schwächer; neben einer beträchtlichen Zahl von Blüthen erzeugen sie auf ihrer Oberseite Wassersprosse, durch deren Entfernung ihnen viel Nahrung entzogen wird.

Die schlimmsten Uebelstände aber stellen sich heraus, wenn

die Mauer nicht hoch ist, und die mittleren aufrechten Aeste den Rand derselben erreicht haben. Je mehr der emporstrebenden Zweige das Messer entfernt, um so grösser ist die Zahl der neu entstehenden. Schliesslich kämpft der Züchter gegen einen dichten, sich immer neu verjüngenden Wulst oder Kamm von Zweigen an, während die unteren Aeste nach und nach schwächer werden und dem Absterben entgegen gehen. — Dieser Kampf mit den widerstrebenden oberen Theilen des Baumes geht aus *le Gendre's* Schrift deutlich hervor. Er räth, in solchem Falle die mittleren Hauptäste selbst bis zu einiger Tiefe zu entfernen. Allein dieses Mittel schwächt den Baum bedeutend, und führt nur zur Wiederholung der gleichen Erscheinung. Oeftere derartige gewaltsame Operationen aber thun der Fruchtbarkeit des Baumes erheblichen Abbruch, und führen endlich seinen Tod herbei.

Diese Uebelstände waren mit dem Verfahren *le Gendre's* nothwendig verbunden; sie zu vermeiden, war das nächste Ziel der Züchtung.

De la Quintinye.

Etwa vierzig Jahre nach *le Gendre's* Arbeit erschien ein Werk, das für seine und die folgende Zeit eine wahrhaft canonische Bedeutung erlangte, die „Instructions" von *de la Quintinye*[1]). Der Verfasser, dem Kreise bedeutender Männer angehörend, welche den Hof Ludwig's XIV. zierten, unternahm es, Alles, was über Obstbaumzucht bis dahin geleistet war, zu sammeln und in grossem Stile darzustellen. Er war hierzu wie berufen. Mit einer hohen Bildung, einer reichen Belesenheit in alter und neuer Literatur ausgerüstet, besass er zugleich die Begabung, welche den praktischen Mann macht, und das scharfe Auge des Beobachters. Er hat nicht nur gesammelt, sondern überall bereichert und an manchen Orten neu geschaffen.

Allein es ist nicht unsere Aufgabe, die allgemeinen Verdienste *de la Quintinye's* zu würdigen; hier handelt es sich vielmehr um ein besonderes Problem, um die Spalierbaumzucht. In dieser aber

---

[1]) *De la Quintinye.* Instructions pour les Jardins fruitiers et potagers. Deux volumes. Paris 1690. — Meine Angaben sind einer späteren Ausgabe, der von 1715, entnommen.

ist er, trotz aller seiner Bemühungen, nicht über das hinausgelangt, was sein Vorgänger geleistet hatte. Auch er ertheilt dem Baume die Fächerform *le Gendre's*. Nach einer allgemeinen Auseinandersetzung über die Formen der Laubzweige giebt er eine höchst ausführliche Beschreibung seines Verfahrens, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen. In Fig. 9 und 10 auf Taf. III sind zwei der etwas rohen Abbildungen in den „Instructions" copirt, welche das Schnittverfahren unseres Autors illustriren mögen. — Erwähnt sei noch bezüglich der Zweigformen, dass er die natürliche Aufeinanderfolge derselben an der Spitze der mütterlichen Träger sehr genau beschreibt, und jede Abweichung davon als naturwidrig betrachtet. Die falschen Zweige und Wasserschosse spielen eine bedeutende Rolle, und der beständige Kampf, in dem man mit denselben stand, spiegelt sich in dem Werke *de la Quintinye's* noch ungleich deutlicher wieder, als in der Arbeit von *le Gendre*.

Wenn es somit nach dem Gesagten nicht nothwendig erscheint, auf die praktischen Leistungen unseres Autors in der Spalierbaumzucht näher einzutreten, so können wir dagegen nicht unterlassen, die theoretischen Vorstellungen desselben einer kurzen Betrachtung zu unterwerfen, um so weniger, da dieselben bei vielen seiner Nachfolger, wenn auch manchmal nur in sehr versteckter Form, wiederkehren. Sie sind mitgetheilt in dem Abschnitt: „Réflexions sur l'Agriculture" [1]), und haben für uns insoweit ein besonderes Interesse, als sie den Saft der Pflanzen betreffen [2]).

Das eigentlich Wichtigste und Hauptsächlichste an der Pflanze ist ihr Saft. Wurzel, Stamm, Zweig und Blatt sind nur erstarrter Saft; wenn einmal erzeugt, stellen sie nur Bahnen des Saftes dar, der nun in Holz und Rinde emporsteigt. — Der Saft selbst wird von der Wurzel aus dem Boden aufgenommen und in der Pflanze verarbeitet. Da nun in demselben Boden die verschiedensten

---

[1]) l. c. II, p. 305.

[2]) Mit den hier und im Nachfolgenden gemachten Bemerkungen zur Geschichte der Vorstellungen über Säftebewegung wolle man den betreffenden Abschnitt in *Sachs'* Geschichte der Botanik (München 1875 S. 481 u. flgd.) vergleichen. Hier findet sich eine ausführliche Darstellung der Anschauungen der älteren Physiologen über diesen Gegenstand.

Pflanzen gedeihen, so entsteht die Frage, woher die Verschiedenheit der Säfte rühre; ob die Erde die Differenz derselben bedinge, oder ob die Ursachen der letzteren in den Pflanzen ruhen. So wahrscheinlich es zwar ist, dass diese verschiedene Säfte aus dem Boden aufnehmen, so sicher ist es doch auf der anderen Seite, dass dieser Umstand nicht ausreicht, um die Verschiedenheit der Pflanzen zu erklären. Diese beruht vielmehr in dem Lebensprincip („principe de vie"), das jeder Art eigen ist, und die Differenz der Säfte bedingt.

Ist nun der Saft von der Wurzel aufgenommen und verarbeitet, so wird er in der Pflanze emporgetrieben, und äussert sich in Spross- und Blattbildung. Seine Thätigkeit ist um so grösser, in je weiterer Entfernung von der Wurzel er wirkt; an den höchst gelegenen Zweigspitzen erreicht sie den Höhepunkt. An diesen Orten entstehen die stärksten Laubtriebe, während sie schwächer und schwächer werden, je weiter man sich von den Spitzen entfernt.

Die Ursache, welche die Bewegung des Saftes bedingt, ist eine rein physikalische, die Wärme. Im Winter sind unsere Bäume wie leblos, ihr Saft steht still. Im Frühjahr aber, bei steigender Wärme, beginnt die Bewegung des Saftes nach oben; die Menge des letzteren häuft sich, der Druck nach den Zweigspitzen steigt immer mehr, bis er sich endlich in Sprossbildung Bahn bricht. — Um seine Vorstellungen über die Strömung des Saftes in dem Zweige darzustellen, gebraucht der Autor mit Vorliebe ein Bild. Man denke sich, sagt er, einen Bach, der durch ein Hinderniss in seinem Laufe aufgehalten wird; es sammeln sich seine Wasser mehr und mehr, ihr Druck wächst allmälig, und erreicht am Hinderniss selbst sein Maximum. Man stelle sich nun weiter vor, es werde der aufgestauten Wassermasse plötzlich gestattet, durch eine Reihe von Canälen auf beiden Seiten abzufliessen, so leuchtet ein, dass der Strom mit erhöhter Energie in denjenigen Canal stattfinden wird, dessen Richtung die Verlängerung des Strombettes bildet, oder dieser am nächsten kommt; und dass die Bewegung des Wassers in die folgenden Canäle um so schwächer sein wird, je weiter diese von der Stauungsstelle entfernt sind. — Analog sind die Verhältnisse im Frühjahr in den Zweigen. Der Saft staut sich in denselben, bis ihm in den Knospen gewisser

Maassen die Canäle geöffnet werden, in welche er sich nun ergiesst. Und zwar geschieht dies mit um so grösserer Energie, je näher die Knospen der Zweigspitze stehen, mit um so geringerer, je weiter sie davon entfernt sind. — Da, wo viel Saft vorhanden, entstehen Holztriebe, wo wenig, bilden sich Blüthen bez. Früchte. Je saftreicher eine Pflanze, um so mehr Holzzweige, je saftärmer, um so mehr Blüthen und Früchte erzeugt sie. Und da nun die Aufnahme des Saftes durch die Wurzel geschieht, so stehen die Holz- und Fruchtbildung mit der Stärke und dem Reichthum des Wurzelsystems in innigster Wechselbeziehung.

Um von der Art, in welcher sich unser Autor die Bildung der festen Bestandtheile der Pflanze aus dem Safte dachte, eine Vorstellung zu geben, sei hier noch des folgenden, von ihm gebrauchten Bildes erwähnt. An einer brennenden Kerze wird nicht alles geschmolzene Wachs verbrannt, sondern ein Theil fliesst an der Kerze hinab, und erhärtet während des Fliessens. Wie hier die Kerze an Umfang zunimmt, so wächst der Baum an der Spitze seiner Zweige in die Länge und gleichzeitig an Umfang. Zweig und Blatt stellen in der That nur erstarrten Saft dar.

Auf eine weitere Ausführung der Anschauungen *de la Quintinye's* dürfen wir hier verzichten. — Dem Kenner der älteren Literatur wird es nicht entgehen, dass unser Autor ursprünglich von den durch das Mittelalter überlieferten Lehren des *Aristoteles* ausgeht. Sowohl die Annahme eines „principe de vie" als die Vorstellung der Nahrungsaufnahme ausschliesslich durch die Wurzel zeigen dies deutlich. Neu aber und durchaus eigenthümlich ist die Bedeutung des Saftes. Der „humor" der Alten verwandelt sich hier in eine „sève" mit völlig neuen Eigenschaften; er gewinnt hier eine geradezu souveräne Bedeutung. Und höchst bemerkenswerth ist ferner, dass die Endursachen bei *de la Quintinye* kaum noch zum Vorschein kommen. Soweit als möglich sucht er die Erscheinungen auf physikalische Ursachen zurückzuführen, ein Bemühen, für welches die oben angeführten Bilder und Thatsachen ein beredtes Zeugniss ablegen.

Den Anschauungen unseres Autors haben wir hier nicht ohne Grund einigen Raum gewährt. Die Vorstellungen des praktischen Züchters, abgeleitet aus seinen täglichen Erfahrungen, nehmen bei ihm zum ersten Male eine bestimmte und klare Gestalt an, und

sind darum für uns von Bedeutung. Die historischen Wandlungen, welche sie erfuhren, werden wir weiterhin verfolgen.

Roger Schabol.

Die Züchter von Montreuil.

Wir verliessen oben *le Gendre* im Kampfe mit den widerstrebenden mittleren Theilen des Baumes, und gewahrten bei *de la Quintinye* die Fortdauer dieses Kampfes. Nunmehr gelangen wir zur Besprechung eines bedeutsamen Versuches, die geschilderten Uebelstände in der Wurzel zu beseitigen.

Montreuil ist ein Dorf in der Nähe von Paris, das seit alter Zeit in Verbindung mit den Nachbardörfern Bagnolet, Vincennes u. a, den Markt von Paris mit den feineren Obstsorten, besonders Pfirsichen, versorgt. Unter den Familien, welche sich ehemals traditionell mit Obstbau beschäftigten, ragte die der *Pepin's* in Montreuil besonders hervor. Schon früh, jedenfalls vor *de la Quintinye*, hatten diese Züchter ein eigenthümliches Verfahren eingeschlagen, um die Mängel, welche die gebräuchliche Fächerform des Baumes mit sich bringt, zu umgehen, ein Verfahren, das aber lange Zeit unbekannt und auf Montreuil beschränkt blieb. Von dem Ruf der hier gepflegten Obstbäume angezogen, begab sich ein Pariser Geistlicher, *R. Schabol*, welcher der Baumzucht mit Leidenschaft ergeben war, nach Montreuil und trat bei einem der *Pepin's* in die Schule. Nachdem er das Verfahren dieser Männer allseitig studirt und praktisch geübt hatte, veröffentlichte er darüber zwei Aufsätze[1]), die allgemeines Aufsehen erregten. Eine ausführliche Schrift[2]) über denselben Gegenstand gab er noch bei seinen Lebzeiten her-

---

[1]) Der erste befindet sich im Journal oeconomique vom Jahre 1755. I, p. 44 ff, der zweite in der grossen, von *d'Alembert* und *Diderot* herausgegebenen Encyclopädie. Bd. XV, p. 835 ff. Neufchastel, 1765.

[2]) *Roger Schabol.* La Théorie et la Pratique du Jardinage. T. I. Paris, 1767. Dieser erste Band enthält das vom Verfasser selbst herausgegebene „Dictionnaire". Die folgenden drei Bände erschienen 1774. Für das Studium der Geschichte der Spalierbaumzucht ist dieses Werk von maassgebender Bedeutung. — Später wurde das Verfahren „à la Montreuil" kurz dargestellt von *Butret.* Taille raisonnée des Arbres fruitiers. Paris 1795. Diese Schrift erlebte eine Reihe von Auflagen.

aus; zwei weitere, wie es scheint, von fremder Hand mehrfach verändert, erschienen nach seinem Tode.

Aus diesen Arbeiten sollen einige Hauptpunkte in aller Kürze hervorgehoben werden.

Der Pfirsichbaum, ein Hauptgegenstand der Cultur in Montreuil, besitzt bei höchst energischem Wuchs ein starkes Aufwärtsstreben, und zeigt daher, wenn ihm an der Mauer die Fächerform ertheilt wird, in besonderem Grade die Mängel, welche oben hervorgehoben wurden. Um diesen vorzubeugen, waren die Züchter auf den Einfall gekommen, die Grundform des Baumes zu verändern. Das von ihnen eingeschlagene Verfahren gipfelte in folgenden Punkten.

Man vermied die Bildung einer verticalen Hauptaxe, und, soweit als thunlich, überhaupt aller aufrechten Axen. Weiter: man gab dem Baum nur zwei Hauptäste, welche, unter einem Winkel von etwa 45 ^{0} mit der Verticalen verlaufend, mit ihren Seitenverzweigungen einen rechten und linken Flügel des Baumes bildeten.

In diesen Momenten, bezüglich deren Ausführung man den speciellen Abschnitt über die Cultur des Pfirsichbaumes vergleichen wolle, liegt die Begründung einer neuen Epoche für die Spalier- und die Obstbaumzucht überhaupt. Fortan steht das Verfahren „à la Montreuil" auf der Tagesordnung und bildet einen der Angelpunkte, um welche sich die Discussion aller Formbäume dreht.

Ein wichtiger Fortschritt lag weiter in der Behandlung der Wasserschosse („gourmands" lautet dafür der bezeichnende Ausdruck der französischen Züchter). Wenn es bisher gebräuchlich war, dieselben einfach zu entfernen, so bewahrte man dieselben jetzt soweit als möglich, und benutzte sie zum Ersatz für alte hinfällig gewordene Aeste.

Die verschiedenen Zweigformen wurden von den Züchtern sorgfältig unterschieden; sie zählten deren acht, die fortan allgemein in der gärtnerischen Literatur in Gebrauch kamen. Dass ihre Eintheilung von vorwiegend praktischen Rücksichten bedingt wurde, versteht sich von selbst. Da wir schon in der Einleitung auf dieselbe hingewiesen haben, so erscheint die Aufzählung der einzelnen Formen hier überflüssig.

Für die Interpretation und Verbreitung der Züchterregeln

UNIVERSITY OF CALIF

von Montreuil war *Schabol* der geeignete Mann. Einmal von seinem Gegenstande ergriffen, vertrat er denselben mit wahrer Leidenschaft. Selbst zwar nicht Erfinder, darf er doch ganz und voll den Rang des Erfinders beanspruchen. Denn er erst hat den Gegenstand gestaltet und zu dem gemacht, was er ist. Wer das Originale in jeglicher Form zu finden und zu schätzen weiss, der wird die Schriften dieses Mannes nicht ohne besonderen Genuss durchmustern.

Dass für einen Mann wie *Schabol* trotz seiner hohen allgemeinen Bildung die auf Erfahrung gegründete Praxis Alles war, begreift man. Die Wissenschaft ist gut für speculirende Köpfe, sagt er, für die Praxis hat sie wenig Bedeutung. Dennoch kann er es nicht unterlassen, gelegentlich zu theoretisiren, allein die dann entwickelten Vorstellungen entspringen gänzlich aus seiner praktischen Thätigkeit.

Welche Bedeutung das Wort „Saft" im Munde der Züchter gewonnen hatte, haben wir bei *de la Quintinye* gesehen. In mancher Beziehung ähnlich sind die Anschauungen von *Schabol*, aber sie haben daneben ein ganz eigenartiges Gepräge. Auch er kennt nur einen Saft, und dieser ist der Träger aller Eigenschaften des Baumes; aber er verleiht ihm eine geradezu individuelle Bedeutung, und die Bezeichnungen laufen häufig auf Anthropomorphismen hinaus. Auf den Saft werden die Eigenschaften des lebendigen Wesens übertragen. Daher die auffallenden Ausdrücke: „amuser la sève", einen Baum kräftig ins Holz wachsen lassen; oder „dompter la fougue de la sève" und ähnliche, die sich bei den französischen Züchtern bis heute erhalten haben. — Dieser Saft hat stets die Neigung, nach den Zweigspitzen zu strömen, und bewegt sich in vertical-gerader Linie am energischsten. Daher erhält der gerade, aufrechte Laubzweig die Bezeichnung „canal direct de la sève"; und „supprimer le canal direct de la sève" ist eine der Losungen der Züchter von Montreuil.

Hier verlassen wir *Schabol*. Indem wir bezüglich der Gestaltung, welche die Zuchtmethode von Montreuil zuletzt erfahren, auf unsere spätere Darstellung verweisen, sei hier nur noch erwähnt, dass bald nach *Schabol's* Tode besonders *Butret* die neue Praxis verbreiten half.

Duhamel du Monceau.

Wenn die bisher besprochenen Namen dem Botaniker etwas fremdartig klingen mochten, so ist ihnen der in der Ueberschrift genannte um desto bekannter. Der gefeierte Verfasser der „Physique des arbres" und so vieler anderer Schriften hat auch ein Werk[1]) hinterlassen, das für die französische Obstbaumzucht von historischer Bedeutung geworden ist. Nach *Du Petit-Thouars*[2]) zwar sollten die in demselben niedergelegten Erfahrungen von dem Bruder unseres *Duhamel* gesammelt, und von dem letzteren nur bearbeitet worden sein. Wie dem aber auch sei, wie viel oder wie wenig von den in dem Werke niedergelegten Anschauungen ursprüngliches geistiges Eigenthum unseres Autors gewesen sein mag: für uns ist der Umstand von Bedeutung, dass einer der namhaftesten Pflanzen-Physiologen seiner Zeit sich einlässlich über praktische Obstbaumzucht geäussert hat.

Auf die Vorschriften *Duhamel*'s über den Schnitt der Spalierbäume gehen wir hier nicht ein. Sein Verfahren weicht sowohl von dem der älteren Züchter als dem *Schabol's* ab, und steht ohne Frage hinter dem des letzteren zurück. Wichtig dagegen sind die theilweise theoretisch gehaltenen allgemeinen Sätze über den Obstbaumschnitt[3]), ja diese stellen zweifellos das Bündigste und theilweise auch Beste dar, was vor und nach ihm über den Gegenstand gesagt worden ist. Aus diesem Grunde bedürfen sie hier einer Besprechung.

„Proposition 1. Les branches et les racines d'un arbre sont réciproquement en proportion. Elles contribuent mutuellement à la force et à l'accroissement les unes des autres; et par conséquent elles souffrent mutuellement du retranchement les unes des autres.

„Prop. 2. Une branche vigoureuse ne se développe sur un côté de quelqu'arbre, que parce qu'il y existe une cause qui détermine la sève à se porter plutôt de ce côté que de tout autre.

---

[1]) *Duhamel du Monceau.* Traité des arbres fruitiers. Paris, 1768. Meine Citate beziehen sich auf die grosse Prachtausgabe in 4^0.

[2]) *Du Petit-Thouars.* Recueil de Rapports et de Mémoires sur la culture des Arbres fruitiers. Paris, 1815. p. 76.

[3]) l. c. p. 68 ff.

„Prop. 3. Dans l'ordre naturel, la sève pompée par une racine, se porte principalement dans les branches du même côté que cette racine.

„Prop. 4. La sève se porte avec plus ou moins de force et d'abondance dans une branche, à proportion qu'elle approche plus ou moins de la direction verticale.

„Prop. 5. Plus la sève s'éloigne du centre de l'arbre, plus elle est active.

„Prop. 6. L'action de la sève sur les boutons d'une branche, est proportionelle à leur distance ou à leur éloignement de la naissance de cette branche.

„Prop. 7. Les feuilles influent tellement sur la quantité et le mouvement de la sève, qu'elle augmente ou diminue à proportion de leur nombre et de leur état.

„Prop. 8. L'extension des bourgeons est en raison inverse de l'endurcissement de leurs couches ligneuses."

In diesen Sätzen versuchte *Duhamel*, den durch die Praktiker schon weit entwickelten Regeln über den Baumschnitt eine wissenschaftliche Grundlage zu geben. Inhaltlich waren dieselben schon bei *de la Quintinye* und *Schabol* vorhanden, die präcise Form aber verlieh ihnen erst *Duhamel*. — An die einzelnen Sätze knüpft er Vorschriften über den Schnitt, die hier nicht aufgezählt zu werden brauchen. Ganz allgemein geht sein Rath dahin, die Holzzweige weder zu lang zu lassen, noch sie zu kurz zu schneiden. Fehlt man hiergegen, so wird im ersteren Falle die Mitte des Baumes früh von jungen Zweigen entblösst sein; im zweiten Falle wird man zu zahlreiche Holztriebe erhalten, der Baum wird in seinem Wachsthum gestört werden und keine Früchte bringen.

Soviel über die an dem bezeichneten Orte gegebene Darlegung von *Duhamel*. Die oben citirten Sätze, verfasst mit einer Präcision, die wir sonst nicht an ihm gewohnt sind, stellen nur eine Seite der Anschauungen desselben dar, diejenige, welche für den praktischen Züchter vorwiegend in Betracht kommt; alles Uebrige ist hier ausser Acht gelassen. Die allseitige Behandlung des Gegenstandes findet sich in „La Physique des Arbres"[1]) und

---

[1]) Tome II. p. 230 ff. „Des divers mouvements de la sève", und p. 100 ff. „Des boutures".

nimmt hier einen beträchtlichen Raum in Anspruch. Indem der Autor alle Experimente seiner Vorgänger aufzählt, und ihnen zahlreiche neue beifügt, kommt er dennoch zu keinem klaren und abschliessenden Urtheile. Unbekannt mit der assimilatorischen Thätigkeit der Blätter, begeht er wie *Hales* den Fehler, den in der Pflanze aufsteigenden Wasserstrom mit der Bewegung der plastischen Substanzen zu verwechseln. Während dieser Irrthum in der Darstellung meist deutlich in die Augen springt, kommen hin und wieder Stellen vor, in denen der Autor an der Grenze ist, ihn zu verlassen. Sich gegen die Lehre vom Kreislauf des Saftes im Allgemeinen absprechend verhaltend, neigt *Duhamel* bald zu der Anschauung von *Hales*, nach der ein sogenanntes „balancement" der Säfte angenommen wurde, bald spricht er von auf- und absteigenden specifischen Säften, d. h. solchen, welche die Keime zur Wurzel- und Sprossbildung enthalten [1]). Die letztere Ansicht wird jedoch nur ganz gelegentlich geäussert. In den oben gegebenen Citaten kommt sie gar nicht zum Vorschein; in ihnen wird vielmehr die ganze Entwickelung der Knospen auf die Thätigkeit des von der Wurzel aufgenommenen Saftes zurückgeführt.

T. A. Knight.

Wenn auch *Knight* hier eine Besprechung erfährt, so geschieht dies nicht seiner Verdienste um die Spalierbaumzucht willen. Obwohl er dieselbe wiederholt behandelt, hat er sie keineswegs wesentlich gefördert. Was uns veranlasst, ihn hier herbeizuziehen, sind lediglich seine Anschauungen über Säftebewegung, die mit unserm Problem in nahem Zusammenhange stehen.

Nach *Knight* [2]) steigt bekanntlich der rohe, aus dem Boden aufgenommene Saft im Splint des Stammes, der Aeste und

---

[1]) z. B. l. c. p. 117, 124 u. a. O. p. 124 heisst es: Die mitgetheilten Experimente scheinen zu beweisen: 3) „Que si l'on forme un obstacle au reflux de la sève, il se forme un bourrelet au-dessus de la ligature, et alors les germes des racines se disposent à paroître". Aus dieser und anderen Stellen geht hervor, wie *Duhamel* sich seine specifischen Säfte vorstellte, welche *J. Sachs* zum Ausgangspunkt seiner Hypothese über die specifischen Substanzen gemacht hat.

[2]) Vergl. die auf S. 114 angeführten Abhandlungen.

Zweige aufwärts, gelangt durch die Spiral- und Ringgefässe, „central vessels" in die Blätter, wird in diesen verarbeitet und wandert nun als „true sap" durch die „returning vessels" im Blattstiel rückwärts in den Zweig, um in der Rinde desselben abwärts zu steigen. Auf dieser Bahn liefert der Saft das Material zum Dickenwachsthum von Zweig, Stamm und Wurzel, und zur Neubildung von letzteren. Die Ursachen der Bewegung dieses „true sap" sind: in erster Linie die Schwerkraft, sodann die Erschütterungen, welche durch den Wind und andere äussere Agentien hervorgerufen werden, Cappillarattraction, und endlich eine besondere Organisation der Bastgefässe, vermöge deren sie Flüssigkeiten besser in der Richtung nach unten leiten können, als in der entgegengesetzten. Die letztgenannte Ursache, der *Knight* einige Bedeutung beilegt, leitet er aus den Ergebnissen seiner Umkehrungsversuche ab.

Die eben angedeuteten Vorstellungen von *Knight* stehen in innigem Zusammenhange mit denjenigen, welche er sich über die Ursachen des Wachsthums von Wurzel und Stengel an der Keimpflanze gebildet hatte. Dieselbe Kraft, unter deren Einfluss die Hauptwurzel sich passiv nach unten richtet, zieht auch den verarbeiteten Saft in der Pflanze abwärts, aus welchem sich die Wurzeln bilden. Wenn man die betreffenden Aufsätze *Knight's* liest, so erhält man den Eindruck, dass diese Anschauung ursprünglich die maassgebende war; besonders der letzten der oben genannten Ursachen legte er erst später Bedeutung bei. Damit aber berühren wir den schwachen Punkt in unseres Autors Vorstellungen, denn ebenso wie er eine besondere Organisation der Bastgefässe annahm, den Saft abwärts zu leiten, hätte er auch sollen eine besondere Structur voraussetzen, vermöge deren die Bastgefässe den „true sap" aufwärts leiten zur Bildung von Knospen und Trieben. Dies geschah aber nicht. Vergebens wird man bei *Knight* nach einer Erklärung der Thatsache suchen, dass die längsten Laubtriebe an den Spitzen der Mutterzweige entstehen.

Indem wir diese Umstände hervorheben, bedarf es wohl der Versicherung nicht, dass wir dem Andenken des einzigen Mannes damit nicht zu nahe treten wollen. Gerade darum, weil er das Seltene vollbracht hat, in der Wissenschaft Erhebliches zu leisten, und auf die praktische Pflanzenzucht seines Landes in einem

Maasse einzuwirken, wie kein Anderer vor und — vielleicht *Lindley* ausgenommen — nach ihm, musste auf jenen Mangel hingewiesen werden.

Die Spalierbaumzucht hat *Knight*[1]) wiederholt berührt, am eingehendsten in einem Aufsatze über die Cultur des Birnbaumes. Er schildert hier an einem Beispiele die Mängel der Fächerform, und beschreibt das von ihm eingeschlagene Verfahren, um einen älteren derartig gezogenen Baum zum Fruchttragen zu zwingen. Er entfernte alle Aeste, die nicht wenigstens um 20° von der Verticalen abwichen, vollständig; die übrigen, welche er bewahren wollte, schnitt er bis auf kurze basale Stücke ab, und setzte ihnen Edelreiser ein. Die aus diesen hervorgehenden Triebe wurden beinahe senkrecht abwärts gebunden, und gaben in der Folge reichlich Früchte. — Dieses auch sonst bewährte Verfahren empfiehlt *Knight* als sehr zweckmässig.

Auf seine übrigen Aeusserungen über unsern Gegenstand ist hier nicht näher einzugehen.

Féburier.

Wir sind allmälig der neueren Zeit näher gelangt. Wenn in den zuletzt genannten Männern Theorie und Praxis sich in seltener Weise durchdrangen und gegenseitig befruchteten, so nähern wir uns jetzt einer Periode, in der die Verbindung beider mehr und mehr gelockert wurde. Der gewaltige Aufschwung, den das anatomisch-histologische Studium in unserm Jahrhundert genommen, die Veränderungen, welche dadurch in den physiologischen Vorstellungen hervorgerufen wurden, bedingen zu ihrer Beherrschung ein so eindringendes Studium, dass der Züchter nur noch in seltenen Fällen zu folgen vermag. Er beschränkt sich daher mehr und mehr auf seine Praxis, welche nun in Lehrbüchern niedergelegt wird, die meistens nur Sammlungen von auf praktische Erfahrung gegründeten Regeln und Vorschriften darstellen.

Bevor aber die angedeuteten Verhältnisse sich herausbildeten, fanden die Vorstellungen des Züchters noch einmal einen

---

[1]) *T. A. Knight.* On the culture of the Pear-tree. — May 1813. — Selection of K.'s Papers p. 201 ff.

Ausdruck, den wir hier nicht übergehen dürfen. Schon *Mustel*[1]) hatte zwei verschiedene Säfte angenommen, eine „sève terrestre" und eine „sève aérienne". Ihm folgt *Féburier*[2]) mit zwei Säften, einem auf- und einem absteigenden, die aber eine ganz andere Bedeutung haben, als *Knight* ihnen beilegte.

Wie bei *Schabol* der eine Saft, so sind bei *Féburier* zwei Säfte das eigentlich Active im Pflanzenkörper. Von diesen wird der eine aus dem Boden aufgenommen, steht in der Pflanze unter bedeutendem Druck und hat die Tendenz, in verticaler Richtung emporzusteigen. Der Thätigkeit dieses Saftes verdanken die Knospen und Zweige ihren Ursprung. — Der andere Saft wird in den Blättern erzeugt und steigt von diesen aus durch die Rinde von Zweig und Stamm abwärts in die Wurzeln; er vermittelt sowohl das Wachsthum und die Neubildung der letzteren, als das Dickenwachsthum des Stammes.

Diese beiden Saftströme können sich nun das Gleichgewicht halten, oder sie können zu verschiedenen Zeiten von sehr ungleicher Stärke sein. So überwiegt im Frühjahr der auf-, im Sommer nach der Triebbildung dagegen der absteigende Saft. — Die Bedeutung von Ringelschnitt und Ligatur ergeben sich nach dieser Anschauung ohne Weiteres; sie stellen Stromhemmungen dar, welche Wülste mit den entsprechenden Neubildungen nach sich ziehen. Ebenso erklären sich die Folgen der Durchschneidung von Zweig und Wurzel.

Diese Vorstellungen *Féburier's*, gedanklich durchaus klar und ohne innere Widersprüche, werden von zahlreichen Praktikern, auch heute noch, getheilt. Sie haben nur den einen Fehler, dass sie unrichtig sind. — Ihre Entstehung jedoch ist ohne Weiters einleuchtend. Man bedenke, dass dem Züchter die Erscheinung des Blutens, der hohe Druck bekannt ist, unter welchem der Saft im Frühjahr von der Wurzel aus in die Pflanze gepresst wird, dass er vertraut ist mit der Aufeinanderfolge der Sprosse an einem Zweige; dass ihm ferner beim Ringelschnitt die Wulstbildung an der oberen Wundlippe eine bekannte Thatsache ist, und dass er

---

[1]) *Mustel.* Traité théorique et pratique de la Végétation. Paris et Rouen. 1781. T. II, p. 259 ff.

[2]) *Féburier.* Essai sur les phénomènes de la Végétation. Paris, 1812.

endlich das Wachsthum der Wurzeln aus Erfahrung genau kennt: so wird man die Entstehung solcher Ansichten unschwer begreiflich finden. Was liegt für den Züchter näher, als die gesteigerte Wachsthumsthätigkeit an den Zweigspitzen mit dem Wurzeldruck in unmittelbaren Zusammenhang zu bringen?

Hier angelangt, verlassen wir die allgemeine Darstellung. Mit den vorgeführten Anschauungen ist der Kreis derselben keineswegs beschlossen; doch können die besprochenen als die typischen Vorstellungen bezeichnet werden, welche die Praxis bei den Züchtern hervorgebracht hat. An diesem Orte noch weitere derselben zu behandeln, würde nicht zweckentsprechend sein.

Wer dem Gange unserer Darlegung mit einiger Aufmerksamkeit gefolgt ist, wird erkannt haben, dass die Baumzucht und die mit ihr in Zusammenhang stehenden theoretischen Vorstellungen auf ein Problem hinwiesen, dessen Lösung auf dem eingeschlagenen Wege nicht zu erreichen war. Hier bedurfte es einer Fragestellung, welche von den Säften gänzlich abstrahirte. Diese neue Fragestellung lautete: welche Ursachen sind es, die erstens den Ort der wichtigsten Glieder des Pflanzenkörpers, der Sprosse und Wurzeln, bedingen? Und weiter, welche Ursachen bestimmen, wenn die Anlagen derselben vorhanden sind, die Energie ihrer ferneren Entwickelung? Bei der Beantwortung dieser Fragen ist die Natur der Säfte, ob dieselben specifisch sind oder nicht, durchaus gleichgültig; vorausgesetzt wird nur, dass überhaupt Nährstoffe vorhanden sind, welche zum Bau der Organe verwendet werden können. Die so gestellten Fragen sind durch das Experiment und nicht durch Hypothesen zu lösen.

Das eben bezeichnete Problem war es, das mich bei Ausführung dieser Arbeit leitete, und das ich seiner Lösung näher zu bringen suchte.

Wir kehren nunmehr zu den speciellen Aufgaben der Spalierbaumzucht zurück. Welche Wendung dieselbe bei den Züchtern von Montreuil genommen, haben wir oben gesehen. Wir könnten nun weiter versuchen, die Bemühungen im Einzelnen zu verfolgen, welche man, auf der gewonnenen Grundlage fortbauend, seit jener Zeit angestellt hat, um den Wuchs des Pfirsichbaumes mit der

Stellung an der Mauer in Einklang zu bringen. Es würden dann die Bestrebungen der *Butret, Cadet de Vaux, Sieuille, Malot* u. A. zu würdigen sein. Allein zu einem derartigen Versuch mangelt es hier an Raum. Wir beschränken uns darauf, an diesem Orte nur das Verfahren genauer darzulegen, zu welchem der kürzlich verstorbene *Lepère*[1]) die alte Methode von Montreuil umgestaltet hat. Wie es uns scheinen will, gehört dasselbe zu dem Vollkommensten, was die Baumzucht bisher geleistet hat.

Indem wir auf diesen Gegenstand näher eintreten, sei noch bemerkt, dass eine vorhergehende allgemeine Besprechung der Mittel, Manipulationen u. s. w., deren der Züchter sich bedient, hier desshalb unterlassen wird, weil in dem experimentellen Theile unserer Arbeit auf dieselben hingewiesen wurde. Auch der mit der Praxis nicht vertraute Leser der letzteren dürfte ausreichend orientirt sein, um unseren weiteren Ausführungen folgen zu können.

Die Zucht des Pfirsichbaumes.

Wie oben schon erwähnt, besitzt der Pfirsichbaum bei raschem Wuchs ein energisches Streben nach oben. Bezüglich seiner Wachsthumsverhältnisse sei hier kurz Folgendes hervorgehoben. Ist der Baum jung, so führen seine kräftigen Langzweige Achselknospen, deren erste Tochterbildungen, rechts und links von der Mediane derselben gelegen, eine rasche Entwickelung erfahren. Ein Theil der Primäraugen gelangt mit oder ohne die Sècundärknospen gewöhnlich schon im Sommer ihrer Anlegung zur Ausbildung; andere dagegen bleiben bis zum nächsten Frühling ruhend. Den gleichen Verhältnissen begegnet man auch an sehr kräftigen Zweigen älterer Bäume. — An Bäumen mittleren Alters ist dagegen die Vertheilung der Sprossformen von folgender Art. Ein verticaler Zweig von normaler, kräftiger Entwickelung bildet seine Seitensprosse von der Spitze aus mit abnehmender Stärke. Die kräftigeren, apicalen Triebe erzeugen in ihren Blattachseln je eine primäre Knospe, welche vegetativ bleibt, und deren beide ersten Tochterbildungen, die zu Blüthenknospen werden. Die Entwickelung der letzteren kann jedoch gänzlich oder theilweise unterbleiben; an

[1]) *A. Lepère.* Pratique raisonnée de la taille du Pêcher. VII. Ed. Paris 1873.

den Basalknospen des Zweiges findet sie normal überhaupt nicht statt. Etwas abweichend verhalten sich die schwächeren, meist schlanken Triebe; sie erzeugen nur an den Spitzen vegetative Knospen, alle übrigen primären Augen werden zu Blüthenknospen mit Ausnahme des oder der basalen, welche vegetativ bleiben. Secundärknospen gelangen an diesen Trieben nicht zur Entwickelung. — Dasselbe gilt von den Kurzzweigen, welche ebenfalls nur einfache Knospen führen. Von diesen ist die terminale meist kräftig ausgebildet und vegetativ, die folgenden, gewöhnlich ziemlich dicht stehenden, sind entweder sämmtlich Blüthenknospen, oder es ist auch hier wieder ein kleines, basales vegetatives Auge vorhanden. Diesen Angaben ist noch der wichtige Umstand beizufügen, dass die Blüthenknospen, welche im nächsten Frühling zur Entfaltung gelangen, stets an den diesjährigen jungen Trieben im Laufe des Sommers und Herbstes angelegt werden.

Nach diesen unerlässlichen Vorbemerkungen gehen wir zur Betrachtung des Verfahrens der Züchter über.

Nehmen wir an, das einem jungen Pflaumen- oder Mandelstamm in geringer Entfernung von der Erde eingesetzte Edelreis habe einen kräftigen Trieb gebildet, dessen in der oberen und mittleren Partie gelegene Achselknospen sich theilweise zu Trieben entwickelt, dessen basale Augen dagegen in Ruhe verharrt haben. (Taf. IV, Fig. 1.) Von einer solchen Pflanze wird nun im Frühjahr vor Beginn des Saftsteigens der ganze obere Theil bis zu einer Entfernung von etwa 20—25 Ctm. über der Veredlungsstelle fortgeschnitten; und zwar wird der Schnitt so geführt (a b in der Figur), dass sich unter demselben zwei Knospen befinden, welche auf annähernd gleicher Höhe inserirt sind, und die rechte und linke Seite des Stämmchens einnehmen. (Rechts und links hier im Sinne des der Mauer zugewandten Beschauers genommen.) — Im Laufe der nächsten Vegetationsperiode entwickeln sich nun jene beiden Apicalknospen zu langen Sprossen, welche der Züchter in der Form eines wenig geöffneten V in gerader Linie befestigt. (Taf. IV, Fig. 2.) Diese beiden Triebe haben die Bestimmung, die beiden Hauptäste, die Grundlage des ganzen Verzweigungssystems des Baumes zu bilden.

Im nächsten Frühling schneidet man die beiden im Vorjahre erzeugten Hauptzweige bis auf eine Länge von etwa 40 Ctm.

zurück, so zwar, dass die höchst gelegene Knospe der Oberseite des mässig geneigten Zweiges, die nächst folgende der Unterseite desselben angehört. Unter normalen Verhältnissen erfahren die aus diesen Knospen hervorgehenden Triebe, der apicale voran, die stärkste Entwickelung (Taf. IV, Fig. 5); ausser ihnen bildet sich noch eine Reihe weiterer Sprosse, deren Wachsthum aber geringer ist, oder unter Umständen auch durch künstliche Mittel, z. B. Entfernen der Spitze, gehemmt wird. Der apicale der vorhin genannten beiden Triebe hat die Aufgabe, die directe Fortsetzung des Mutterzweiges darzustellen, und wird in gerader Verlängerung desselben befestigt; der zweite dagegen ist bestimmt, den ersten unteren Seitenast des Flügels zu liefern. Der letztere wird zunächst in gerader Linie unter dem Winkel befestigt, welchen er mit seiner Mutteraxe bildet.

Vor Beginn der nun folgenden Vegetationsperiode wird der in die Verlängerung jeder seitlichen Hauptaxe fallende Apicalzweig soweit entfernt, dass der bleibende Theil desselben eine Länge von etwa 80 Ctm. hat. Der Schnitt wird wieder, und zwar aus den gleichen Gründen, so geführt, dass die beiden Apicalaugen eine solche Stellung einnehmen, wie die des Mutterzweiges im Vorjahre. — Eine etwas grössere Länge, etwa die eines Meters, erhält der untere Seitenast, da sein gesammtes Wachsthum geringer ist, als das der Hauptaxe. Der Apicalknospe giebt man eine Stellung auf der Unter- oder Vorderseite; sie hat die Aufgabe, die Verlängerung des Mutterzweiges zu bilden. Die folgenden Triebe, welche meist eine nur mässige Entwickelung erfahren, werden schon jetzt auf Fruchtbildung behandelt.

Im vierten Frühling besteht jeder Flügel aus dem Hauptast, zwei der Unterseite desselben entspringenden stärkeren Seitenzweigen und einer Anzahl kleinerer Verzweigungen, die aber bei der Bildung des Skelettes des Baumes nicht in Betracht kommen. Der Schnitt der Hauptglieder des Systems wird in diesem Jahre etwa ebenso ausgeführt, wie im vorigen. Man erhält somit im Laufe dieser Vegetationsperiode ausser der Verlängerung jedes Hauptastes noch je einen dritten unteren Seitenast.

Mit dem letzten Schnitt sind nun die Hauptglieder der Unterseite jedes Flügels hergestellt; mehr als drei solcher Aeste werden nicht gebildet. Der ganze Baum besteht sonach jetzt aus

8 Haupttheilen, den Axen der beiden Flügel und 6 unteren Seitengliedern, deren Entwickelung ihrem Alter proportional ist.

Bis hierher hatte man den Zweigen eine ziemlich aufrechte Stellung gelassen; jeder Hauptast bildete mit der Verticalen einen Winkel von ungefähr 25—30°, jeder Seitenast einen solchen von 50—60°. — Nun aber, nachdem das Gerüst der Unterseite der beiden Flügel fertig gestellt ist, beginnt der Züchter, die Hauptaxen mit ihren Gliedern stärker abwärts zu biegen, das V, welches die beiden ersteren darstellen, wird so weit geöffnet, dass jeder Schenkel um etwa 45° von der Verticalen abweicht. Der Winkel, welchen jedes der drei unteren Hauptglieder mit ihrer Seitenaxe bildet, bleibt bei der angegebenen Lagenänderung der gleiche. Bei der Befestigung der Glieder wird sorgfältig darauf geachtet, dass dieselben keinerlei Krümmungen erfahren, sondern stets möglichst gerade Linien beschreiben. Durch das eben angedeutete Herabbiegen der Aeste entsteht auf der Oberseite der Hauptglieder ein grosser freier Raum, dessen Ausfüllung die nächste Aufgabe des Züchters ist.

Wir haben bisher die Oberseiten der Hauptaxen ausser Acht gelassen. Bei der anfänglich geringen Neigung der letzteren erfahren ihre Oberseiten keine nennenswerthe Bevorzugung im Wachsthum; die auf denselben entstehenden Triebe bleiben kurz, werden im Wachsthum gedämpft oder bei gar zu üppiger Entwickelung völlig entfernt. Die Nahrung strömt hauptsächlich den apicalen Trieben zu, deren einer jedesmal zur Verlängerung der Hauptaxe, der andere zur Bekleidung der Unterseite bestimmt ist. — Um nun auch die Oberseiten mit Hauptgliedern zu versehen, wählt der Züchter drei der Anlage nach schwächere Zweige, und befestigt dieselben in geneigt-aufrechter Weise derart, dass der der Basis der Hauptaxe nächste mit der Verticalen einen Winkel von etwa 20° bildet, während die Neigung der beiden folgenden bis gegen 30° oder auch darüber zunimmt. Der Ort dieser Zweige ist ein ganz bestimmter; sie entspringen etwa in den Mitten der ehemaligen Jahresabsätze der Hauptaxen. (Taf. IV, Fig. 4, welche den einen Flügel eines solchen Baumes darstellt.) — Damit ist nun das Gerüst des Baumes hergestellt. Ausser den beiden Hauptaxen und deren 6 unteren und 6 oberen Gliedern erhält der Baum gewöhnlich keine weiteren Hauptäste; selten wird

der Ober- und Unterseite jedes Flügels noch ein weiteres Glied zugefügt.

Hier angelangt, wollen wir ein Weilchen Halt machen, und das Verfahren des Züchters, soweit wir es bis jetzt kennen gelernt haben, einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Wie der Züchter zu dem Verfahren gelangte, die verticale Hauptaxe des Baumes zu unterdrücken, und dafür zwei unter 45° geneigte Seitenaxen zu substituiren, wurde oben dargelegt.

Es bedarf dieser Gegenstand aber einer etwas eingehenderen Behandlung, als wir sie ihm früher zu Theil werden liessen. Die Zweckmässigkeit des Verfahrens, ohne Weiteres einleuchtend, beruht auf verschiedenen Umständen. Zunächst wird die bildende Thätigkeit anstatt auf eine auf zwei Hauptaxen vertheilt. Gäbe man diesen annähernd aufrechte Stellung, so würden die inneren Ursachen im Bunde mit der Schwerkraft dahin wirken, das Wachsthum der apicalen Theile zu befördern, und trotz aller Vorsicht des Züchters die unteren Theile des Baumes bald von Zweigen entblösst sein. Bei einer Neigung von 45° aber fällt nur die Cosinus-Componente der Schwerkraft in die Richtung der Längsaxen der beiden Hauptäste, die Sinus-Componente dagegen wirkt fördernd auf die Oberseiten und zwar deren ganzer Länge nach. Es wird sonach das Wachsthum der apicalen Theile verringert, das der Oberseiten begünstigt. Weiter, wenn bei 45° Neigung die Aeste in möglichst gerader Linie befestigt werden, so tritt keine oder nur geringe Bevorzugung derjenigen Hauptglieder der Oberseiten derselben ein, welche ihrer Ursprungsstelle am Mutterstamm am nächsten stehen. Wird die Neigung der Aeste dagegen stärker, geht sie bis zur Horizontalen, so findet ein immer mehr zunehmendes Wachsthum der oberseitigen Basaltheile statt, während die apicalen Partieen entsprechend in der Entwickelung zurückbleiben. Diese Umstände in's Auge gefasst, ergiebt sich also, dass die Neigung der Hauptaxen bis auf 45° den Zwecken des Züchters am besten entspricht. Sie bietet ausserdem noch den Vortheil, dass sie die Bildung der Kurztriebe befördert und damit die Fruchtbarkeit des Baumes steigert; ist aber mit dem Mangel verbunden, dass die Zweige der Unterseite im Wachsthum zurückbleiben. Die Mittel nun, durch welche der Züchter diesem Uebelstande vorzubeugen sucht, sein Verfahren, die Unterseite jeder Hauptaxe mit

drei oder vier kräftigen Seitengliedern zu versehen, nimmt das Interesse in hohem Grade in Anspruch.

Die Bildung derselben geschieht nämlich zu einer Zeit, in welcher die Abweichung der beiden Hauptaxen von der Verticalen noch sehr gering ist. Bei einer Neigung von 20 ° wirken die innere Ursache nebst der Schwerkraft vorwiegend auf die Entwickelung der Spitzenknospen, und von diesen ist es die zweite, welche jedesmal einen unteren Ast zu liefern bestimmt ist. Die Neigung der Hauptaxen geschieht erst dann, wenn die unteren Glieder hergestellt sind, und einige Länge erreicht haben. Gäbe man den ersteren von Anfang an ihre definitive Lage, so würde die Bildung der unteren Aeste nicht gelingen. — Handelte es sich darum, für die Unterseiten der Hauptaxen möglichst kräftige Aeste zu gewinnen, so besteht umgekehrt für die Oberseiten die Aufgabe darin, zur Herstellung der Hauptglieder schwache Bildungen zu wählen. Auf die Oberseiten wirkt die Schwerkraft begünstigend, hier herrscht normal starkes Wachsthum. Man wählt daher schwache primäre Seitensprosse, oder selbst Triebe, welche erst an den letzteren entspringen. — Trotz dieses höchst rationellen Verfahrens jedoch entstehen auf der Oberseite leicht Wassertriebe; wie diese zu behandeln sind, wird sich später ergeben.

Wir haben bisher angenommen, die beiden Flügel des Baumes erfahren von Anfang an ein gleich starkes Wachsthum. Dies findet in der That dann statt, wenn die Knospen, welche die beiden Hauptäste liefern sollen, etwa gleich hoch inserirt und gleich stark entwickelt sind. Trifft aber einer von diesen beiden Umständen nicht zu, so ist das Wachsthum der beiden Flügel ungleich. — Um in diesem Falle das Gleichgewicht zwischen denselben herzustellen, bedient sich der Züchter verschiedener Mittel. Das am häufigsten angewandte besteht darin, dem schwächeren Flügel eine der senkrechten genäherte Stellung zu geben, den stärkeren dagegen mehr abwärts zu biegen. Wie früher gezeigt wurde, wirkt nun die Schwerkraft in erhöhtem Maasse fördernd auf das Wachsthum des ersteren, während der letztere zurückbleibt. Sobald das Gleichgewicht in der Entwickelung der beiden Flügel vorhanden ist, werden dieselben wieder unter gleicher Neigung befestigt. — Ein zweites Verfahren besteht in Folgendem. Man bindet die Glieder des stärker wachsenden Flügels fest an

das Spalier, während man denen des schwächeren weiteren Spielraum gestattet. Der Erfolg dieses Mittels ist ein doppelter. Erstens wird durch das feste Anbinden, gleichsam ein Schnüren, das Wachsthum der Zweige thatsächlich gehemmt; sodann aber dem beweglichen Theile, von dem Wegfall der durch das Anbinden verursachten Hemmung abgesehen, noch ein Vorzug zu Theil, da ja, wie seit *Knight's* Versuchen bekannt, vom Winde bewegte Pflanzentheile eine gesteigerte Entwickelung erfahren. — Endlich drittens greift der Züchter, um Ungleichheiten im Wachsthum der beiden Flügel zu beseitigen, auch noch zu dem Mittel, über dem bevorzugten einen Schirm anzubringen, der einen Theil des Tageslichtes abhält, und dadurch diesen Flügel dem der vollen Beleuchtung ausgesetzten gegenüber in Nachtheil bringt.

Nehmen wir nunmehr den Faden unserer oben unterbrochenen Darstellung wieder auf. Nachdem das Gerüst des Baumes in der früher beschriebenen Art hergestellt worden, handelt es sich fortan nur um die Bewahrung des Gleichgewichtes zwischen den beiden Flügeln und der Erzeugung und Erhaltung möglichst vielen und gesunden Fruchtholzes. Die Mittel, durch welche der Züchter dieser Aufgabe gerecht zu werden sucht, dürften einer Besprechung wohl würdig sein.

Das Wesen der fraglichen Operationen besteht darin, die fruchttragenden Zweige von ihrer Basis aus möglichst oft zu erneuern. Dadurch allein lässt sich erreichen, dass auch die stärkeren und älteren Glieder des Verzweigungssystemes noch mit jungen Trieben besetzt sind. Liesse man dagegen dem Spitzenwachsthum der Zweige freien Lauf, so würden in kurzer Zeit die inneren und unteren Theile des Baumes von jungen Sprossen entblösst sein, und somit Lücken in der Mauerbekleidung entstehen, die zu vermeiden gerade eine der Hauptaufgaben des Züchters ist.

Die verschiedenen, durch alle Uebergänge verbundenen Formen der Blüthen- bez. fruchttragenden Zweige wurden oben beschrieben. Von den sämmtlichen, ringsum am mütterlichen Träger entstehenden, werden besonders diejenigen erhalten, welche die Unter- und Oberseite desselben einnehmen, während man die auf der der Mauer zugewandten Seite entspringenden entfernt, und die der Vorderseite angehörenden entweder ebenfalls unterdrückt oder nach oben oder unten leitet.

Beginnen wir nun mit der Behandlung der Zweige mittlerer Stärke, d. h. der Mittelbildungen zwischen Lang- und Kurzsprossen. (Vergl. hierzu Taf. IV, Fig. 3.) Sind dieselben, was meist immer der Fall ist, in ihrem mittleren Theile mit vereinzelten Laubknospen besetzt, so werden sie bis auf eine von diesen zurückgeschnitten. Die Befestigung des bleibenden Theiles geschieht dann in der Weise, dass man ihn in der Nähe seiner Ansatzstelle biegt, und nun der ganzen übrigen Länge nach dem Mutterzweige parallel leitet. Von den vorhandenen Knospen entwickeln sich nun die Blüthenanlagen, von denen jedoch nach dem Fruchtansatz alle diejenigen entfernt werden, welche der Zweig nicht vollständig ernähren kann; sodann gehen aus den Laubknospen in der Regel mehrere Triebe hervor, ein oder mehrere apicale, manchmal noch weitere in der mittleren Region, und vor allen aus dem fast immer vorhandenen basalen vegetativen Auge, das sich in Folge der Krümmung zu einem kräftigen Sprosse ausbildet. — Im nächsten Frühling wird nun der ganze alte Zweig bis auf die zuletzt genannte basale Tochterbildung fortgeschnitten, diese in der einst jenem ertheilten Lage befestigt und, da sie meist einen dem Mutterzweige gleichen Bau hat, auch im Uebrigen wie dieser behandelt. Führt dagegen der Zweig einmal keinen basalen Laubtrieb, dann entfernt man denselben, wenn dadurch keine Lücke entsteht, entweder vollständig, oder, falls das letztere geschieht, bewahrt ihn, und sucht durch Entfernung der Spitze oder durch passendes Krümmen des Zweiges die Bildung des fehlenden Theiles hervorzurufen, ein Bemühen, das vielfach von Erfolg begleitet wird.

Sind die Zweige stärker, und nähern sie sich in ihrem Bau mehr den echten Langzweigen, dann ist ihre Behandlung leichter. Man schneidet den Zweig entweder so weit zurück, dass man mit Sicherheit erwarten darf, eine der basalen vegetativen Knospen werde sich entwickeln; oder man lässt ihn, wenn die Mauerbekleidung es erfordert, länger, und sorgt dadurch für die Entwickelung einer Basalknospe, dass man den Zweig über derselben stark krümmt (s. d. bez. Figur); oder endlich man führt über der Knospe, deren Ausbildung man wünscht, einen partiellen Ringelschnitt aus. Man darf sicher sein, dass eines dieser Mittel zu dem Ziele führt, an der Basis des Mutterzweiges einen Ersatztrieb für denselben zu erhalten.

Sehr einfach endlich ist die Behandlung der Kurzzweige. Man lässt sie unverändert, bis sie Früchte getragen haben; dann werden sie entfernt, wenn sie die Zweigvorderseite einnehmen, dagegen erhalten, wenn sie auf der Unter- oder Oberseite stehen. Im letzteren Falle sucht man sie durch Zurückschneiden bis auf das basale Laubauge zu verjüngen; fehlt aber ein solches, dann lässt man auch die Terminalknospe sich entwickeln, um so mehr da solche Zweige doch stets nur ein geringes Längenwachsthum besitzen.

Soviel über die Behandlung der Seitenzweige im Frühjahr. Entstehen trotz aller Vorsicht dennoch Lücken unter denselben, so kann man diese dadurch ausfüllen, dass man kräftige Zweige benachbarter Aeste herüberleitet, und an dem Orte der fehlenden Glieder durch Copulation mit den Aesten vereinigt. Sind die Zweige noch jung, so kann man den gleichen Zweck auch dadurch erreichen, dass man der Rinde am betreffenden Orte durch das sogenannte Oculiren eine Knospe einsetzt, welche nun zu dem die Lücke ergänzenden Zweige heranwächst.

Mit den gemachten Andeutungen über den Frühlingsschnitt wollen wir uns hier begnügen. Werfen wir jetzt noch einen raschen Blick auf den sogenannten Sommerschnitt, der zu beliebiger Zeit während der ganzen Vegetationsperiode ausgeführt wird.

Die allgemeine Aufgabe des letzteren besteht darin, dem Frühlingsschnitt zu Hülfe zu kommen, und etwaige Mängel, die im Laufe des Wachsthums entstehen, auszugleichen. Er findet besonders dann Anwendung, wenn es sich darum handelt, zu üppig wachsende Triebe in ihrer Entwickelung zu hemmen. Man entfernt zu diesem Zweck die Spitzen der Sprosse, ein Vorgehen, das zunächst stets eine kürzere oder längere Sistirung des Wachsthums, dann aber die Entwickelung einer oder mehrerer Apicalknospen des bleibenden Theiles zur Folge hat. An schwächeren Trieben ist es in der Regel nur das nächste unter dem Schnitt befindliche Auge, welches zum Wachsthum gelangt; an kräftigen dagegen bilden sich deren zwei oder mehrere aus. — Genügt ein einmaliges Entfernen der Spitze, und bleiben die nach demselben auftretenden Sprosse schwach, so lässt man es dabei bewenden; entwickeln sich die letzteren dagegen in üppiger Weise, so werden sie ebenfalls ihrer Spitzen beraubt, wodurch wieder eine Verzögerung des

Wachsthums herbeigeführt wird. Unter Umständen kann dieses Entfernen der wachsenden Spitzen noch mehrfach wiederholt werden, sodass schliesslich an Stelle des ursprünglich vorhandenen einen ein ganzes Büschel von Sprossen entsteht. Beim Frühlingsschnitt wird das letztere entweder völlig entfernt, oder, wenn die Zweigordnung es verlangt, theilweise erhalten und nach früher entwickelten Regeln behandelt.

Das eben beschriebene Hemmen des Wachsthums erweist sich besonders an den Wassertrieben, gourmands, nothwendig, welche unter dem Einfluss der constant wirkenden Schwerkraft stets aus den Oberseiten stark geneigter Zweige und Aeste hervorgehen. Lässt man dem Wachsthum solcher Triebe freien Lauf, so entwickeln sie sich, und zwar auf Kosten benachbarter, besonders der Unterseite angehöriger Sprosse, meist zu ausserordentlicher Länge und Stärke. Sie raffen die Nahrung in überwiegendem Maasse an sich, und stören das Gleichgewicht in der Construction des Baumes vollständig. Dem Entstehen solcher Sprosse wendet der Züchter daher die grösste Aufmerksamkeit zu, und sucht ihr Wachsthum möglichst einzuschränken. Dies gelingt ihm durch das vorhin erörterte Verfahren, sodann aber auch dadurch, dass er die Zweige in geneigter Lage sehr fest an das Spalier anbindet, ihnen gewisser Maassen Fesseln anlegt.

Vielfache Anwendung findet der Sommerschnitt auch beim Fruchtholz. Nicht selten kommt es vor, dass die basale vegetative Knospe, auf deren Entwickelung man gerechnet hatte, in Ruhe verharrt. Ist in diesem Falle den über der Knospe befindlichen Früchten kein besonderer Werth beizulegen, so schneidet man den ganzen Zweig bis auf das Auge zurück, dessen Austrieb erforderlich ist. In der Regel entwickelt sich dieses dann, und liefert einen Fruchtzweig für das nächste Jahr. — Will man jedoch den ganzen alten Zweig nicht entfernen, so hemmt man die Spitzen der jungen Apicaltriebe im Wachsthum. Gewöhnlich bilden diese dann ihre Achselknospen nicht aus, und in Folge der geringeren Entwickelung der Spitze gelangt das Basal-Auge zum Austrieb.

Durch die angegebenen Manipulationen sucht der Züchter sein Ziel zu erreichen, alle Theile des Baumes stets reichlich mit jungem Fruchtholz zu versehen, und dabei doch jede Ueberfüllung

zu vermeiden. Mussten wir oben die in hohem Grade zweckmässige Anlage des Gerüstes unseres Baumes anerkennen, so können wir auch der weiteren Behandlung desselben unsere Bewunderung nicht versagen. Vor Allem der Schnitt der Seitenzweige, die jährliche Erneuerung der Fruchtzweige, beruht auf tiefdurchdachter Methode.

Wenn nun aber trotz aller angestellten Bemühungen der Baum die ihm auferlegten Fesseln stets zu durchbrechen sucht, und die Oberseiten der stärker geneigten Aeste bei jeder nicht strengen Controle immer neue Wasserschosse hervorsenden, wenn ferner das Wachsthum der oberen sechs Seitenäste nur schwer zu beschränken ist: so muss man bedenken, dass diese oder ähnliche Schwierigkeiten niemals ganz zu beseitigen sind. Bei keiner Spalierform wird es zu vermeiden sein, dem Baume horizontale oder stark geneigte Aeste zu geben; und so lange dies der Fall ist, werden auf deren Oberseiten unter dem Einflusse der Schwerkraft Wassertriebe entstehen. Es kann sich also stets nur darum handeln, den wirkenden Ursachen in geeigneter Weise entgegen zu arbeiten, und dass und wie dies durch den Züchter thatsächlich geschieht, wurde eben dargethan.

Auf die im Vorstehenden gemachten Angaben über die *Lepère*'sche Zuchtmethode des Pfirsichbaumes, „en espalier carré" wollen wir uns hier beschränken. Wenn auch nur kurz, so sind wir doch immerhin etwas specieller auf dieses Verfahren eingegangen, weil es zweckmässig erschien, auch den mit der Baumzucht nicht Vertrauten an einem Beispiele genauer zu zeigen, was die heutige gärtnerische Praxis leistet. Zu diesem Zweck wählten wir den Pfirsichbaum, weil er dem Züchter besondere Schwierigkeiten darbietet, weil an ihm hauptsächlich, wie früher gezeigt wurde, das Problem der Spalierbaumzucht sich entwickelt hat, und weil die an ihm heute geübte Methode zweifellos das Vollkommenste in der gesammten Baumzucht darstellt. — Niemand wird das im Vorstehenden besprochene Verfahren der Züchter einem Studium unterwerfen, ohne der tiefen und treuen Naturbeobachtung jener Männer seine Bewunderung zollen zu müssen. Ohne jede Kenntniss der wirkenden Ursachen, welche die Wachsthumserscheinungen des Baumes bedingen, sind sie doch, fussend auf langer Erfahrung, vollkommen vertraut mit den Folgen jener Ursachen. Auf Grund

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

dieser Kenntnisse haben sie dann Regeln und Vorschriften für die Zucht des Baumes entwickelt, welche die Theorie selbst nicht vollkommener hätte aufstellen können.

Ausser der oben beschriebenen haben verschiedene Züchter noch eine Reihe anderer dem Baume zu gebender Formen vorgeschlagen, die aber zum nicht geringen Theile auf Künstelei hinauslaufen, und hier daher keinen Platz finden können. Dagegen sei hier noch einer Methode erwähnt, welche das Gerüst des Baumes auch „à la Montreuil", aber in einer von der obigen abweichenden Art herzustellen sucht. Das Charakteristische dieses Verfahrens[1]) besteht darin, dass jedesmal der untere Seitenast eines Flügels und der zugehörige Theil des Hauptastes aus der oberen und unteren Hälfte eines und desselben Jahrestriebes gebildet werden. Man giebt nämlich dem ersten Hauptaste bis zu der Höhe, auf welcher der erste untere Seitenast erzeugt werden soll, die gewohnte Neigung, krümmt nun auf kurzer Strecke den Zweig soweit, bis sein oberer Theil horizontale Lage hat, und befestigt ihn in dieser Stellung. Auf der Oberseite der Krümmung entsteht nun ein kräftiger Seitenspross, der ebenso behandelt wird, wie sein Mutterzweig, und der wie dieser die Aufgabe hat, mit seiner unteren Hälfte die Verlängerung der Hauptaxe, mit der oberen dagegen den zweiten unteren Seitenast zu bilden. Der dritte der letzteren wird in der gleichen Art hergestellt, und so fort, bis die erforderliche Zahl der unteren Seitenäste erreicht ist. Dann erst stellt man aus schwächeren Zweigen der Oberseite die Hauptglieder der letzteren dar. — Die schwierige Aufgabe, die Unterseiten der Hauptaxen mit Seitengliedern zu versehen, sucht man bei diesem Verfahren also dadurch zu lösen, dass man die Verlängerungen der Hauptaxen selbst zur Bildung jener Glieder verwendet. Die Zweckmässigkeit dieser Methode leuchtet ohne Weiteres ein, doch dürfte ihr kaum ein Vorzug vor der oben erörterten zukommen.

Bezüglich noch weiterer Methoden verweise ich auf die Fachliteratur, besonders das mehrfach genannte Buch von *Lepère*, und auf specielle Arbeiten, welche ich über die Theorie dieser Gegenstände zu veröffentlichen die Absicht habe.

---

[1]) *Hardy.* Traité etc. p. 230 ff.

Die Zucht des Birnbaumes. [1])

Als zweites Beispiel der Zuchtmethoden wählen wir den Birnbaum, können uns hier aber unter Bezug auf das über den Pfirsichbaum Gesagte kürzer fassen. Hinsichtlich der Vertheilung der verschiedenen Sprossformen an unserm Baume sei auf die Einleitung dieser Schrift verwiesen.

Die Zahl der Birnvarietäten, welche im Laufe langer Zeiten unter den Händen der Züchter entstanden sind, ist eine ausserordentlich grosse. Die Unterschiede zwischen denselben betreffen in erster Linie die Frucht, erstrecken sich ausserdem aber auf den ganzen Wuchs des Baumes. Die einen erheben sich rasch und erlangen baumartigen Habitus; andere bleiben niedriger und sind von mehr buschartiger Tracht. Zwischen beiden giebt es eine ununterbrochene Reihe von Uebergängen. Auf Grund dieser Verschiedenheiten, sowie des Umstandes, dass die meisten Varietäten gegen die in unsern Breiten vorkommenden, störenden klimatischen Einflüsse widerstandsfähig sind, ist der Züchter im Stande, dem Baume eine seinen wechselnden Zwecken angepasste, sehr verschiedene Form zu geben.

Die Zwecke des Züchters werden gewöhnlich zunächst durch Raumverhältnisse bestimmt. Auf der meist beschränkten, oft durch Mauern begrenzten, Fläche des Hausgartens wünscht man Obstbäume zu ziehen, ohne dass dadurch der Anbau von krautartigen Gewächsen, Gemüsen u. s. w. beeinträchtigt würde. Diesem Vorhaben entsprechen aber die hohen, mit Krone versehenen Bäume nicht; in dem durch sie verursachten Schatten gedeihen, besonders in nördlichen Gegenden, krautartige Gewächse mangelhaft oder gar nicht. Man ist daher genöthigt, zu niedrigen Baumformen seine Zuflucht zu nehmen, und zieht an Spalieren, in Pyramidenform (richtiger Kegelform), in der Gestalt von Kesseln und an

---

[1]) Aus der reichen neueren Literatur sei hier nur verwiesen auf: *Hardy*. Traité de la Taille des Arbres. VII. Ed. Paris 1875. Die beste neuere Schrift über den Baumschnitt. *Lucas*. Die Lehre vom Baumschnitt. Ravensburg, 1869. *Du Breuil*. Culture des Arbres et Arbrisseaux à fruits de table. Paris, 1876. *Baltet*. Culture du Poirier. Paris 1867.

horizontalen oder geneigten Seilen oder Stäben die sogenannten Cordon- oder Seilbäumchen. — Bei der Herstellung dieser Formen kommt ausser dem angeführten, dem Züchter bewusst oder unbewusst, noch das weitere Moment in Betracht, dass mit der durch dieselben bedingten Bildung zahlreicher horizontaler oder geneigter Aeste eine erhöhte Fruchtbarkeit der Bäume eintritt. Endlich drittens wirkt bei den besonderen Gestaltungen der Bäume durch den Züchter noch ein ästhetischer Trieb mit, der hier ebenso unwiderstehlich eingreift, wie es bei aller gestaltenden Thätigkeit des Menschen der Fall ist. Im regelmässig angelegten Garten verlangt das Auge des Züchters regelmässige, symmetrische Formen, ein Umstand, der, wenn auch in secundärer Weise, auf die Gestaltung der Bäume stets von Einfluss ist.

Wo dagegen die oben angedeuteten Raumbeschränkungen nicht stattfinden, wo der Platz für die Entwickelung hoher Bäume zur Verfügung steht, da pflanzt man die sogenannten Hochstämme an, d. h. Formen von baumartiger Tracht mit hohem Stamm und umfangreicher Krone.

Zu diesen verschiedenen Formen verwendet nun der Züchter die mancherlei Varietäten nach ihrem Wuchse. Solche, die ein energisches Emporstreben zeigen, wählt er zur Bildung der Hochstämme; Spielarten mit buschigem Wuchs dienen zu den niedrigen Formen: Spalieren, Pyramiden und Cordonbäumen.

Hierbei ist noch eines wichtigen Umstandes zu gedenken. Wie alle edleren Obstvarietäten, so werden auch die des Birnbaumes durch Veredlung fortgepflanzt. Erfahrungsgemäss kann man nun nicht zu allen Varietäten die gleiche Unterlage verwenden, sondern es bedarf verschiedener, der Wachsthumsart der Edlinge entsprechender Unterlagen. Hauptsächlich sind es drei der letzteren, welche man verwendet, der wilde Birnbaum, der Sämling von Culturformen und der Quittenstamm. Die beiden ersteren werden bei Varietäten mit starkem Wuchs benutzt, während der letztere als Unterlage für die niedriger bleibenden Formen dient. Beobachtet man diese Regeln nicht, und verbindet Reis und Unterlage von verschiedenem Wuchs, so stellen sich im Laufe der Zeit Ernährungsstörungen ein, welche die Lebensdauer des Individuums beschränken.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wollen wir kurz die physiologischen Folgen besprechen, welche die Zucht der verschiedenen Baumformen nach sich zieht.

Es mag mit dem Spalierbaum begonnen werden. Der Wuchs der meisten zu dieser Form verwendeten Varietäten macht solche Vorsichtsmaassregeln, wie sie beim Pfirsichbaum erforderlich sind, nicht nothwendig. In den meisten Fällen ist die Bildung einer verticalen Hauptaxe statthaft, ohne dass die störenden Folgen eintreten, welche dort beobachtet werden. Die unteren Theile des Baumes bleiben lange Zeit oder zeitlebens frisch, wenngleich ihr Wachsthum um so mehr herabgesetzt wird, je stärker die ihnen ertheilte Neigung ist. Die Aufgabe des Züchters besteht demnach darin, bei der Heranzucht des Baumes dafür zu sorgen, dass die unteren Theile desselben von vornherein durch Glieder von möglichst kräftiger Entwickelung hergestellt werden. Die Art, wie diese Aufgabe erfüllt wird, ist eine verhältnissmässig einfache.

Der Züchter durchschneidet die Hauptaxe des jungen Baumes etwas über der Höhe, auf welcher er das unterste Paar von Seitenaxen zu haben wünscht. Der aus der Apicalknospe hervorgehende Trieb hat die Bestimmung, die Fortsetzung der Hauptaxe zu bilden, und wird zu dem Ende in verticaler Richtung befestigt (Taf. III, Fig. 7). Die beiden zunächst folgenden stärksten Sprosse, welche man am liebsten rechts und links gestellt sieht, liefern die zwei ersten Seitenaxen; alle übrigen Knospen oder Triebe werden unterdrückt. Um den beiden Seitensprossen eine gedeihliche Entwickelung zu sichern, giebt man ihnen zunächst eine mehr nach oben gerichtete Stellung; erst später, wenn sie sich gekräftigt haben, bringt man sie in die stark geneigte oder selbst horizontale Lage.

Im zweiten Jahre wird der verticale Hauptzweig bis auf eine Länge von etwa 25—30 Ctm. zurückgeschnitten, der Höhe, auf welcher man das nächste Seitenastpaar zu haben wünscht. Wieder wird der Apicaltrieb zur Fortsetzung der Hauptaxe, während die beiden nächsten kräftigen Seitensprosse zu Seitenästen verwendet werden. — In dieser Weise geht es Jahr um Jahr fort, bis der Baum die erforderliche Zahl von Seitenästen erzeugt hat. Ist diese erreicht, dann wird die Hauptaxe unmittelbar über dem höchst gelegenen Seitengliede entfernt; das Gerüst des Baumes ist nun-

mehr fertig (Taf. IV, Fig. 6). — Haupt- und Seitenaxen werden also fortgesetzt aus Sympodien aufgebaut.

Bei dieser Form des Baumes sind selbstverständlich die oberen Glieder desselben, besonders die beiden höchsten, rechts und links gelegenen, vor den unteren bevorzugt. Es bedarf daher, zumal im jugendlichen Alter des Baumes, einer steten Ueberwachung seiner oberen Theile, die in hohem Grade zur Bildung von Wassertrieben neigen. Findet die nöthige Vorsicht statt, so kann man solche Bäume bis in's hohe Alter auch in ihrer unteren Region frisch und tragfähig erhalten, vorausgesetzt, dass man die zu der fraglichen Form geeigneten Varietäten gewählt habe. Ich habe oft Gelegenheit gehabt, mich von dem vortrefflichen Gedeihen solcher Bäume zu überzeugen.

Die eben beschriebene Form des Baumes, welche man als einfache Palmette bezeichnet, erscheint zwar unnatürlich und gezwungen, bietet aber dem Züchter hohe Vortheile. Durch die Befestigung der sämmtlichen Seitenäste in horizontaler Linie wird die Fruchtbarkeit derselben erheblich gesteigert, ferner durch die Ausbreitung des Baumes zur Fläche der Einfluss des Sonnenlichtes gehoben und die Ausbildung der Früchte begünstigt. Aus diesen Gründen erklärt sich die häufige Anwendung der genannten Form in ausreichender Weise.

Auf die übrigen Spalierformen des Birnbaumes gehen wir hier nicht ein, doch dürfte folgende Mittheilung noch einiges Interesse darbieten. Eine dem Baume gegebene Form ist die der Palmette mit verticalen Aesten, bei welcher die Seitenglieder ebenfalls paarweise stehen, anfänglich auch in horizontaler Richtung geleitet, dann aber kreisförmig nach oben gebogen, in verticaler Stellung befestigt und in dieser fortgezogen werden. Des letzteren Umstandes halber entspricht diese Form mehr dem natürlichen Wuchs des Baumes, der sich deshalb auch stärker entwickelt. — Der Züchter schlägt nun vor, die letztere Baumform da anzuwenden, wo der Boden weniger günstig und nahrhaft ist, dagegen eine einfache Palmette zu ziehen, sobald die dem Baum gebotene Erde reichlich Nährstoffe führt. Man geht also von dem ohne Frage richtigen Grundsatze aus, den Mangel des Bodens durch den freieren und natürlicheren Wuchs des Baumes gewisser Maassen zu

compensiren; während man bei richtiger Ernährung dem Wachsthum desselben grössere Zumuthungen glaubt stellen zu dürfen.

Von den Spalierbäumen wenden wir uns zu den Cordonformen. Das Unterscheidende derselben besteht darin, dass die Hauptaxe des Baumes, von einem kurzen basalen Stücke abgesehen, ihrer ganzen Länge nach in horizontaler oder aufwärts geneigter Richtung befestigt wird. Dass zu diesen Formen nur Varietäten mit niedrigem Wuchs verwendet werden können, ist selbstverständlich.

Bei der Anzucht der horizontalen Cordonbäumchen verfährt man in folgender Art. Es wird der aus dem Edelreis hervorgegangene kräftige, und im ersten Jahre senkrecht emporgewachsene Trieb soweit gebogen, bis sein ganzer apicaler und mittlerer Theil in horizontale Lage gelangt ist, in welcher man ihn befestigt. Im nächsten Jahre bildet die Spitze des Zweiges Tochtersprosse, ausserdem aber die ganze Oberseite des horizontalen Zweiges und besonders der Krümmung; auf der Unterseite dagegen ist die Zahl der Triebe kleiner, und diese bleiben kürzer. Während man dem Wachsthum der Apicalsprosse freien Lauf lässt, und ihnen zu besserer Entwickelung die natürliche senkrechte Lage gestattet, wird die Ausbildung der Triebe auf der Krümmung durch künstliche Mittel, auf die wir später noch zurückkommen werden, gehemmt. Im nächsten Jahre wird der Apicaltrieb als Fortsetzung der Hauptaxe in horizontaler Stellung befestigt, und im Uebrigen die im Vorjahre angewandte Behandlung fortgesetzt. In dieser Weise verfährt man fernerhin, bis der Baum die erforderliche Länge hat. — Unter dem Einfluss der Schwerkraft ist das Wachsthum an der Krümmung der Hauptaxe und weiterhin auf der Oberseite derselben fortdauernd ein gefördertes, in Folge dessen an diesen Orten Sprosse um Sprosse entstehen, deren Länge und Zahl von der Krümmung aus allmälig abnehmen. An der letzteren herrscht immer die Neigung, Wassertriebe zu bilden, deren Wachsthum zu hemmen stete Aufgabe des Züchters ist.

Dass die gesammten Verhältnisse dazu angethan sind, die Fruchtbarkeit der Bäume in hohem Maasse zu steigern, liegt auf der Hand, und es ist dies nebst dem Umstande, dass dieselben nur wenig Raum beanspruchen, der ausgesprochene Zweck ihrer immer mehr zunehmenden Verbreitung. — Das ganze Verfahren

stammt aus neuerer Zeit, und findet besonders beim Apfelbaume Anwendung.

Von den eben beschriebenen unterscheiden sich die schrägen Cordonbäumchen dadurch, dass die Hauptaxe unter einem Winkel von 45° mit der Verticalen gezogen wird. Bei der Anzucht achtet man auch hier darauf, dass der Stamm anfänglich eine geringere Neigung erhält, und erst dann in die definitive Lage gelangt, wenn er sich genügend gekräftigt hat. Die geringere Neigung dieser Bäume lässt ein besseres Wachsthum der Unterseite zu, die man daher gewöhnlich mit fruchttragenden Zweigen bedeckt findet.

Auf die übrigen bei der angegebenen Lage eintretenden Verhältnisse brauchen wir unter Rücksicht auf früher Gesagtes nicht einzugehen.

Eine der dem Birnbaum am häufigsten gegebenen Formen ist die der sogenannten Pyramide. Bei vollendeter Gestalt besitzt der Baum eine verticale Hauptaxe und, von dieser ausgehend, regelmässig vertheilte Seitenaxen, deren Länge von unten nach oben allmälig abnimmt. Das Ganze hat sonach die Form eines aufrechten Kegels (Taf. III, Fig. 6). Mit Uebergehung aller Einzelheiten seien hier nur wenige Punkte aus der Zucht solcher Bäume hervorgehoben.

Die verticale Hauptaxe sowohl als deren Seitenaxen werden auch hier aus Sympodien aufgebaut. Ist der aus dem Edelreis hervorgegangene Zweig kräftig, und bis in die Nähe seiner Basis mit wohl entwickelten Knospen besetzt, so verkürzt ihn der Züchter um etwa die Hälfte seiner Länge. Um nun die vorwiegende Entwickelung der Apicaltriebe zu vermeiden, und auch in der unteren Region der Hauptaxe kräftige Seitenbildungen zu erhalten, bringt man über den Knospen, deren Entwickelung man wünscht, partielle Ringelschnitte an. Die dadurch im Wachsthum geförderten Seitenzweige werden, um ihnen die je nach der Stellung des Baumes grössere oder geringere Neigung zu ertheilen, an Stäben befestigt, und, der Energie ihres Wachsthums entsprechend, in der Folge alljährlich mehr oder minder stark zurückgeschnitten. — Die Weiterbildung und Behandlung der Hauptaxe im zweiten und den folgenden Jahren gleicht der im ersten. (In Fig. 6 auf Taf. III sind die an dem Baume des bezeichneten Umfangs auszuführenden Schnitte durch kurze Linien angedeutet.)

Von den bisher genannten Formen entspricht die zuletzt beschriebene dem natürlichen Wachsthum des Baumes am meisten. Dass durch die Bildung zahlreicher geneigter Seitenaxen die Fruchtbarkeit desselben gesteigert wird, leuchtet ohne Weiteres ein.

Die aufgezählten, wie überhaupt alle Formbäume bedürfen einer steten Ueberwachung und Pflege. Wird ihnen diese nicht zu Theil, so macht die Natur ihre Rechte geltend, und das Gleichgewicht in der Form wird bald gestört. Es entstehen dann an den höchst gelegenen Orten, besonders auf den Krümmungen, zahlreiche und kräftige Sprosse, die sich zunehmend entwickeln, während die unteren Theile des Baumes allmälig zu Grunde gehen. Derartige Vorkommnisse kann man an alten und vernachlässigten Pyramiden- und Spalierbäumen leicht beobachten.

Bevor wir die Formbäume verlassen, sei hier noch eines Umstandes gedacht. Wie früher ausgeführt wurde, ist es ein alter Brauch, unfruchtbare Bäume dadurch zur Bildung von Fruchttrieben zu zwingen, dass man ihre Langzweige bogenförmig abwärts krümmt. Während dieses Verfahren früher nur vereinzelt und unter besonderen Verhältnissen angewandt wurde, hat man in neuerer Zeit angefangen, es an einer ganzen Reihe von Baumformen systematisch zu verwerthen. Man giebt dem Baume sehr verschiedene Gestalten, deren Glieder zum grösseren Theile aus senkrecht oder geneigt nach unten gerichteten Aesten bestehen. Nach dem Vorgange von *le Maître* hat sich besonders *Dolivot*[1]) mit der Ausbildung dieses Verfahrens beschäftigt. — Zu allen von diesem Autor vorgeschlagenen Formen ist jedoch zu bemerken, dass sie dem natürlichen Wuchs des Baumes in zu hohem Grade widerstreben. Man kann zwar den Baum durch dieselben zur Bildung möglichst zahlreicher Fruchtzweige veranlassen, aber eine nur halbwegs gedeihliche Entwickelung desselben ist dabei nicht möglich.

Damit gelangen wir endlich zum sogenannten Hochstamme, derjenigen Form, welche man in eigentlichen Obstgärten den baumartig wachsenden Varietäten giebt. Um ihn herzustellen, bildet der Züchter einen verticalen Stamm von ungefähr 2 Meter Höhe,

[1]) *Dolivot.* Les Arbres fruitiers a branches renversées. Grenoble, 1874.

und an der Spitze desselben drei oder vier Hauptäste als Grundlage der Krone. Der letzteren verleiht man in der Regel die Gestalt einer offenen Schale, damit Licht und Luft genügend auf das Innere derselben einwirken können. Ist aber die Grundform des Baumes gegeben, so überlässt man ihn seinem freien natürlichen Wachsthum.

Soviel über die wichtigsten Formen, welche der Birnbaum unter den Händen der Züchter empfangen hat. Hinsichtlich aller übrigen ihm verliehenen Gestalten sei auch hier auf die Fachliteratur verwiesen.

Wir haben nun noch des Verfahrens zu gedenken, nach welchem die Fruchtzweige behandelt werden. Die Principien, von denen der Züchter hier geleitet wird, sind im Wesentlichen dieselben, welche beim Pfirsichbaum in Anwendung kommen. Auch hier handelt es sich darum, erstens den Baum zur Bildung möglichst vieler Fruchttriebe zu veranlassen, zweitens die letzteren möglichst oft von der Basis aus zu erneuern. Das Vorgehen des Züchters, die Bestimmung der Knospen, ob zu Frucht- oder Ergänzungstrieben, ist durchaus planmässig, und beruht auf klarer Erkenntniss der Wuchsverhältnisse des Baumes. Im Allgemeinen ist jedoch die Behandlung der fraglichen Zweige noch nicht in so einfachen Vorschriften zum Ausdruck gelangt, wie es beim Pfirsichbaum der Fall ist, und wir wollen hier daher auf eine eingehende Behandlung des Gegenstandes verzichten. In neuerer Zeit hat *Courtois*[1]) ein Verfahren beschrieben, das sich durch seine Einfachheit sehr empfiehlt, über das ich aber vor einer gründlichen Prüfung kein eigenes Urtheil abzugeben wage. Hierüber das Weitere an anderem Orte.

Um die zu rasche Entwickelung solcher Triebe zu hemmen, welche an verticalen Zweigen unter den Apicalsprossen, an horizontalen oder geneigten Zweigen auf der Oberseite entstehen, entfernt man auch hier die noch jungen krautigen Spitzen. In anderen Fällen durchbricht man auch die schon fester gewordenen holzigen Zweige entweder vollständig oder theilweise, ein Verfahren, das die Franzosen als „cassement" bezeichnen. Beim vollständigen

[1]) Mitgetheilt in: Hardy. Traité de la Taille des Arbres fruitiers. VII. Ed. Paris, 1875, p. 122 ff.

Durchbrechen stellt man mitten im Internodium des Zweiges eine Bruchwunde her, deren langsame Heilung das Wachsthum der übrig gebliebenen Theile erheblich schwächt. Beim partiellen Durchbrechen dagegen verfährt man so, dass man den Zweig ebenfalls durchbricht, den oberen Theil aber durch einen schmalen Holz- und Rindenlappen mit dem unteren in Verbindung lässt; der erstere bleibt dann lebendig und hängt meist an dem letzteren herab. Im einen wie im anderen Falle wird eine anticipirte Entwickelung der Knospen des bleibenden unteren Zweigtheiles herbeigeführt, das Wachsthum derselben aber, besonders beim theilweisen Zerbrechen, durch den Verbrauch an Nahrung seitens der Wunde und des herabhängenden Zweigtheiles so weit verlangsamt, dass sie auf der Stufe der Kurzzweige stehen bleiben. Die Bildung der letzteren bez. der Blüthen kann auf diese Art um ein Jahr beschleunigt werden, ein Verfahren, das der Züchter hauptsächlich bei den in besonderem Grade auf Fruchttragen berechneten horizontalen Cordonbäumen in Anwendung bringt.

Die Zucht des Weinstockes.

Der Schnitt und die übrige Behandlung des Weinstockes, lehrreich nach jeder Richtung, liefert eine Reihe weiterer Belege für unsere früheren Ausführungen. Die Zuchtmethoden, welche in Anwendung kommen, sind bei der weiten Ausdehnung des Weinbaues sehr verschieden. Klimatische und Boden-Bedingungen, die differirenden Wuchsverhältnisse der kultivirten Varietäten des Weinstockes, sowie die wechselnde Höhe der Intelligenz der Züchter haben eine grosse Reihe von Behandlungsarten hervorgerufen, von denen nur einige der hauptsächlichsten hier besprochen werden sollen.

Ueber den natürlichen Wuchs des Weinstockes geben die gelegentlich vorkommenden verwilderten Reben die beste Aufklärung. Die Sprosse der Pflanze, mit einem energischen Geotropismus ausgerüstet, klimmen vermöge ihrer Ranken an Hecken und Bäumen empor und erheben sich so vom Erdboden. Der einzelne Stock erreicht dabei eine meist bedeutende Ausdehnung. — Blüthenstände entstehen ausschliesslich an den diesjährigen jungen

Trieben; die fruchttragenden Sprosse selbst entspringen aus den im Vorjahre erzeugten Reben. Die aus älteren Theilen des Stockes hervorgehenden jungen Triebe dagegen führen keine oder nur sehr wenige Blüthenstände. An einem in aufrechter Stellung befestigten vorjährigen Zweige entstehen die Sprosse in gewohnter Art; ihre Länge und Stärke nehmen von der Spitze aus allmälig ab. Hat der Zweig einige Länge, so bleiben seine basalen Knospen gewöhnlich in Ruhe. — Bezüglich der weiteren Verzweigungsverhältnisse wolle man die Angaben von *A. Braun*[1]), *Wigand*[2]) u. A. vergleichen.

Mit seinem natürlichen Wuchse ist die Cultur des Weinstockes in den meisten Gegenden nicht vereinbar. Im wärmeren Süden, auf den Inseln und an den Küsten des mittelländischen Meeres, kann man dem Stock eine freiere Entfaltung gewähren; dort zieht man ihn vielfach an Bäumen. Selbst in Savoyen findet dieses Verfahren noch Anwendung, merkwürdiger Weise jedoch in Verbindung mit dem Bogrebenschnitt. Anders im mittleren Frankreich und in Deutschland, den Ländern, welche uns hier vorzüglich beschäftigen. Die weniger hohe Sommerwärme lässt eine Kultur an Bäumen nicht zu; die oberen Theile des Stockes würden die unteren zu sehr beschatten. Um eine möglichst gleichmässige Bestrahlung aller Theile desselben zu erzielen, empfiehlt es sich, ihn in der Nähe des Bodens zu halten. Hierbei kommt nicht nur der genannte, sondern noch der weitere Vortheil in Betracht, dass die dem Boden von der Sonne mitgetheilte Wärme in verschiedener Art fördernd auf das Wachsthum der Pflanze einwirkt, ein Umstand, der besonders im Frühling zur Zeit der Nachtfröste in's Gewicht fällt. — Wieder anders sind die Bedingungen, wenn man, wie es theils in, besonders aber ausserhalb der eigentlichen Weingegenden geschieht, den Stock an Mauern zieht, welche ihm eine grössere Ausdehnung gewähren. Wir wollen nun sehen, wie die Züchter den verschiedenen, durch örtliche Bedingungen an sie ge-

---

[1]) *A. Braun.* Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig, 1851. S. 49 ff.

[2]) *A. Wigand.* Der Baum. Braunschweig 1854. S. 127.

stellten Anforderungen gerecht geworden sind, und wie sie den Wuchs der Pflanze mit ihren Zielen in Einklang gebracht haben[1]).

Eine einfache Art, die Pflanze am Boden zu halten, ist der sogenannte Bock- oder Kopfschnitt, der eine Reihe von mehr oder minder vortheilhaften Formen darbietet. Das allen Gemeinsame besteht darin, dass man dem eigentlichen Stock eine nur geringe Höhe giebt, etwa 10 bis 30 Cm. über dem Boden. Die diesem Stock entspringenden Seitenäste bleiben ebenfalls kurz, und bilden in ihrer Gesammtheit eine nach oben offene Schalenform. Sie oder erst ihre Tochterzweige sind die Träger der jungen fruchtbaren Sprosse, welche, nachdem sie einige Länge erreicht haben, an ihren Spitzen zusammengebunden werden. Der ganze Stock erfährt somit keinerlei künstliche Stütze, sondern trägt sich selbst. In Folge des Umstandes, dass die jungen Triebe an der Peripherie der Schale entspringen, bleibt, auch nachdem sie oben zusammengebunden worden, zwischen ihnen ein genügender Raum, um der Luft und dem Licht Eintritt ins Innere der ganzen Form zu gestatten. Zur Erreichung desselben Zweckes verbindet man in gewissen Gegenden auch die einander zugewandten Hälften je zweier benachbarter Stöcke. — Im Frühjahr vor dem Safttrieb wird von den im Vorjahre erzeugten Sprossen nur eine dem Umfange des Stockes entsprechende Anzahl beibehalten, deren jeden man auf einen kurzen Zapfen einstutzt. Auf diese Weise bleibt die Form des Stockes stets erhalten.

Die eben beschriebene Form des Schnittes wird besonders da angewandt, wo der Boden wenig reich ist, und vorwiegend nur bei solchen Varietäten, die keinen sehr starken Wuchs haben. Wir finden sie in Bockenheim, Westhofen und an anderen Orten. — In Gâtinais in Frankreich bildet man durch fortgesetzte Behandlung einen Stock, der eine fast hutpilzförmige Gestalt hat.

---

[1]) Aus der grossen Zahl von Schriften über den Weinbau seien hier nur folgende hervorgehoben: *v. Babo.* Der Weinbau. Frankfurt, 1879. *J. Metzger.* Der Rheinische Weinbau. Heidelberg, 1827. *J. Bronner.* Der Weinbau in Süddeutschland. Heidelberg 1834 – 1841. *du Breuil.* Les Vignobles. Paris 1875. *Carrière.* La Vigne. Paris. (Ohne Jahreszahl.) *J. Guyot.* Culture de la Vigne. Paris 1861. *Müller* und *Lebl.* Der Weinstock. Stuttgart 1878. Eine kleine vortreffliche Schrift. *Hardy.* Traité de la Taille des Arbres fruitiers. Paris, 1875. p. 264 ff.

(Taf. II, Fig. 4.) Der Oberseite und dem Umfange dieses Körpers entspringen die kurzen Zapfen, welche die fruchttragenden Sprosse erzeugen. (Taf. II, Fig. 5.) Aus den letzteren werden durch geeignetes Zurückschneiden immer wieder die Zapfen hergestellt.

Eine dem Bockschnitt nahe verwandte Form der Behandlung ist folgende. Man bildet ebenfalls einen niedrigen Grundstock, von dem zwei oder drei längere Seitenäste ausgehen. An diesen stehen etwa ebenso viele kürzere Seitenglieder, die nun erst die Zapfen tragen. Die aus den letzteren entspringenden jungen Triebe bedürfen der Befestigung an einem Pfahl. — Diese Art der Erziehung findet sich an gewissen Orten der Bergstrasse, ferner mit nicht erheblichen Abweichungen an der Côte-d'Or, in der Champagne, in Beaujolais u. s. w.

Bei den bis jetzt erörterten Zuchtformen wurde der Stock dadurch am Boden gehalten, dass man ihn auf Zapfen, also sehr stark zurückschnitt. Ein anderes weit verbreitetes Verfahren, denselben Zweck zu erreichen, besteht in Folgendem. Man lässt den im Vorjahre erzeugten Reben eine beträchtliche Länge, biegt sie aber im Bogen abwärts, oder befestigt sie unter starker, selbst abwärts geneigter gerader Richtung. Hierdurch wird erreicht, dass die apicalen und mittleren Theile der Rebe kürzere, aber reichlich fruchtbare, die basalen dagegen lange Triebe hervorbringen, die man ihrer normalen Entwickelung in aufrechter Stellung überlässt. Im nächsten Frühjahre dienen die letzteren als neue Bogreben, während der ganze sie tragende Muttersprоss bis zu ihrer Ansatzstelle entfernt wird. So schafft man sich, während der Stock stets gleich hoch bleibt, immer neuen Ersatz für die in Wegfall kommenden Theile.

Betrachten wir zunächst den eigentlichen Bogrebenschnitt. Der Züchter bildet einen mehr oder minder hohen, einfachen oder in zwei oder mehrere Hauptäste getheilten Stock, an deren oberen Enden die Bogreben entspringen. Ist der Stock einfach, so befestigt man ihn in einigen Gegenden in geneigter Stellung und lässt ihm nur eine Bogrebe. Meistens aber führt der Stock zwei oder drei Hauptäste mit je einer Bogrebe.

Die rationellste Form des angedeuteten Verfahrens besteht jedenfalls darin, die Rebe in weitem Bogen soweit abwärts zu krümmen, dass der basale Theil derselben der höchst gelegene ist.

Es entspringen dann unmittelbar an der Basis der Rebe oder an den benachbarten Theilen des alten Stockes die Ersatztriebe, während das verlangsamte Wachsthum der apicalen und auf diese folgenden Sprosse der Fruchtbildung zu Gute kommt. Diese Form der Bogrebenzucht ist von *du Breuil*[1]) und Anderen als höchst zweckmässig empfohlen worden. In der Fig. 6 auf Taf. II geben wir die Copie einer Abbildung des ersteren, welche einen nach der erwähnten Methode behandelten, zwei Hauptäste führenden Stock darstellt. — Nach den früher von uns gegebenen theoretischen Erwägungen leuchtet die Zweckmässigkeit des Verfahrens ohne Weiteres ein.

In den weiten Länderstrecken, über welche die Bogrebenzucht verbreitet ist, erfährt dieselbe mannigfache Abweichungen, welche keineswegs immer vortheilhaft sind. Während die Züchter des Medoc und des Johannisberger ungefähr nach der oben erwähnten Art ihre Stöcke behandeln (Taf. II, Fig. 7), giebt man an vielen anderen Orten den Bogreben eine von jener verschiedene Gestalt. Gewöhnlich wird dieselbe soweit gekrümmt, dass man sie mit ihrer Spitze an dem unteren Theile des Mutterstockes oder an der diesen stützenden Stange befestigen kann; so in vielen Gegenden des Rheines und seiner Zuflüsse, wie in manchen Strecken Frankreichs. Die einsichtsvollen Züchter krümmen dabei die Rebe in der Art, dass ihre Ansatzstelle zu den höchst gelegenen Punkten derselben gehört; minder erfahrene dagegen biegen so, dass der basale Theil der Rebe nach oben gerichtet ist, und ein mehr oder weniger weit über der Ansatzstelle derselben gelegenes Auge den höchsten Ort einnimmt. (Taf. III, Fig. 8.) Das letztere nun entwickelt den kräftigsten Spross, der aber nicht zum Ersatz benutzt werden kann, weil, wenn es geschähe, der Stock sich allmälig von der Erde erheben würde. Man ist somit genöthigt, einen der Basis näher stehenden, schwächeren Trieb zur neuen Bogrebe zu verwenden, ein Umstand, dessen Nachtheil alsbald in die Augen springt. *Müller* und *Lebl* schlagen daher vor, der Bogrebe die in Fig. 4 auf Taf. III dargestellte Form zu geben. — Richtig verfahren, wie ich mich mehrfach überzeugt habe, zahlreiche Züchter

[1]) l. c. S. 139.

des Markgräfler. — Die Züchter in Caub befestigen die Bogrebe horizontal an den Pfählen. (Taf. II, Fig. 3.)

Auf eine weitere Besprechung der Bogrebenzucht-Formen können wir hier verzichten. Erwähnt sei nur noch, dass man im Moselgebiet aus den Verzweigungen eines Stockes zwei und selbst drei Stockwerke von Bogreben über einander bildet, ein Umstand, dessen Folgen nicht näher erörtert zu werden brauchen. Ohne Frage beruhen hauptsächlich auf diesem Verfahren die gaumenzusammenziehenden Eigenschaften zahlreicher Moselproducte. — Ferner sei, wie schon oben angedeutet wurde, hier noch einmal kurz hervorgehoben, dass man in gewissen Gegenden Savoyens die Stöcke an den Verzweigungen todter Bäume emporzieht, und zwar unter Anwendung der Bogrebenzucht. Jeder Ast des Baumes ist mit einer oder mehreren Bogreben bekleidet. Nebst einer Reihe anderer kann man diese Zuchtform als einen Uebergang von der alten Culturart des Südens zu den Methoden der nördlicheren Regionen betrachten.

Wir gelangen nun zu den Zuchtformen mit geraden Reben. Schon seit langer Zeit ist es an manchen Orten gebräuchlich, die Reben nicht in Bogenform, sondern unter starker Neigung, bis zu 20° über der Horizontalen und weniger, in gerader Linie zu befestigen. Bei dieser Lage entstehen die Ersatztriebe an der Basis der Rebe oder an besonderen, ausser den langen Reben am Stock belassenen Zapfen. So beispielsweise nach *Metzger* in Reichenau.

Eine besondere Gestaltung hat das angedeutete Verfahren durch den österreichischen Züchter *Hooibrenk*[1]) erfahren. Dieser bildet einen sehr niedrigen Stock, an dessen Spitze er zwei Reben stehen lässt, die unter einem Winkel von 10° oder noch mehr unter der Horizontalen in gerader Linie (von der Krümmung an der Basis abgesehen) befestigt werden. (Taf. IV, Fig. 7.) Unmittelbar an der Basis erzeugt jede derselben einen Ersatzspross, welcher während des Sommers in aufrechter Stellung seine volle Ausbildung erfährt, um im nächsten Frühjahr nach Entfernung der Mutterrebe in die Lage der letzteren gebracht zu werden. Die Zahl der Knospen, welche man den Reben beim Frühjahrsschnitt lässt, ist eine je nach Umständen wechselnde, von 8 bis selbst 20

---

[1]) *D. Hooibrenk's* privilegirte Weincultur-Methode. Wien 1862.

Knospen. — Nach den Erfahrungen *Hooibrenk's*, der das Wachsthum der Rebe bei verschiedenen Lagen im Allgemeinen richtig beschreibt, wird die Tragfähigkeit der nach seinem Verfahren gezogenen Stöcke erheblich gesteigert. Ob aber seiner Methode vor einer rationellen Bogrebenzucht ein Vorzug gebühre, lassen wir dahingestellt.

Die im Vorstehenden erörterten Zuchtformen kommen besonders bei Varietäten mit schwachem und mässig starkem Wuchs in Anwendung. Bei Spielarten mit sehr kräftiger Entwickelung dagegen, wie sie besonders im Süden vorkommen, giebt man dem Stock grössere Dimensionen, behandelt aber sonst die einzelnen Theile desselben im Allgemeinen nach den gleichen Principien, welche der Zucht schwächer wachsender Formen zu Grunde liegen. Es sei hier zunächst an die vorhin erwähnte, in einigen Gegenden Savoyens gebräuchliche Methode erinnert, den Stock unter Anwendung der Bogrebenzucht an Bäumen zu ziehen. — Vieler Anerkennung und zunehmender Verbreitung im südlichen Frankreich erfreut sich in neuerer Zeit ein von *Sylvos* vorgeschlagenes Verfahren. Nach diesem giebt man dem verticalen Stock eine Höhe von etwa 1,20 Meter. An seiner Spitze führt er einen einzigen in horizontaler Richtung befestigten bleibenden Hauptast, der in bestimmten Intervallen mit Reben besetzt ist. Diese werden sämmtlich unter starker Beugung ihres basalen Theiles so befestigt, dass sie fast mit ihrer ganzen Länge nach unten gerichtet sind. Während die unteren Theile der Rebe in hohem Grade fruchtbar werden, entstehen an ihrer Basis kräftige Ersatzsprosse, die sich in normaler Richtung entwickeln. Im folgenden Frühling wird die Mutterrebe entfernt und der basale Tochterspross in ihrer Lage angebracht, ein Vorgang, der sich alljährlich wiederholt. — Bei dieser Methode wird sonach die Horizontal- mit einer eigenthümlichen Bogrebenzucht vereinigt, ein Verfahren, das offenbar nur bei starkwüchsigen Varietäten Anwendung finden kann, bei diesen aber ohne Frage von hohem Erfolg begleitet sein wird.

Die weiteren Formen der Behandlung starkwüchsiger Reben, wie sie an manchen Orten Südfrankreichs gebräuchlich sind, übergehen wir hier.

Zum Schluss wollen wir noch einen Blick auf die Zucht des Weinstockes an Mauern werfen, die ausserhalb der

eigentlichen Weingegenden und theilweise auch innerhalb derselben zur Gewinnung grosser Tafeltrauben in Anwendung kommt.

Von allen vorhandenen Methoden dürften sich die in Thoméry [1]), dem Orte, welcher die Stadt Paris mit den besten Tafeltrauben versorgt, gebräuchlichen am meisten empfehlen. Bei der vorzüglichsten dieser Zuchtformen, der mit horizontalen Schenkeln, giebt man der Pflanze folgende Gestalt. Man bildet einen einfachen verticalen Stock, der an seiner Spitze zwei auf gleicher Höhe entspringende, in horizontaler Richtung gezogene Hauptäste führt. Auf der Oberseite der letzteren stehen in regelmässigen Abständen kurze Seitensprosse, welche jedesmal zwei jungen, fruchttragenden Trieben den Ursprung geben; die Unterseite dagegen wird nicht mit Sprossen bekleidet. Die jungen Triebe selbst befestigt man in aufrechter Stellung. Um die Wand vollständig zu bekleiden, giebt man den verticalen Stöcken verschiedene bestimmte Höhen, und pflanzt sie in einer regelmässigen Folge, hohe, niedere und solche von mittlerer Höhe zweckmässig mit einander abwechselnd.

Um den beiden horizontalen Hauptästen der gleichmässigen Ernährung halber gleich hohen Ursprung zu geben, bedient sich der Züchter verschiedener Kunstgriffe, von denen hier nur einer erwähnt sein mag. Nachdem im Sommer der junge Verticalspross die Höhe erreicht hat, welche man ihm zu geben wünscht, entfernt man unmittelbar über der auf jener Höhe gelegenen Knospe die Sprosspitze. — In Folge dessen entwickelt sich dieses Auge zu einem Triebe, der die Richtung der Mutteraxe einschlägt, und den man sich frei entfalten lässt. Wie überhaupt, so stehen auch an der Basis dieses Sprosses die Knospen in dichter Folge, so dass es unschwer ist, darunter zwei auf etwa gleicher Höhe einander gegenüber stehende zu finden, während dies auf der übrigen Länge des Zweiges, wo die Distanzen der Knospen grösser sind, nicht möglich ist. Ueber jenen beiden Knospen wird nun im nächsten Frühjahr der Zweig durchschnitten; beide entwickeln sich und erlangen unter normalen Verhältnissen die vom Züchter erwünschte gleiche Stärke.

---

[1]) *Rose-Charmeux.* Culture du Chasselas à Thoméry. Paris, 1863. Vergl. auch *Hardy*, l. c. p. 282 ff.

Bei der Herstellung und Erhaltung der die Oberseiten der horizontalen Aeste einnehmenden Seitenzweige verfährt man nach dem gleichen Princip, dem wir schon öfter begegnet sind. Durch Zurückschneiden bis auf zwei Basalknospen entfernt man die alten Theile, und sorgt für ihre Ergänzung durch Tochtersprosse, die auf stets gleicher Höhe inserirt sind.

Ausser der beschriebenen wendet man in Thoméry noch weitere Methoden an, auf die hier jedoch nur hingewiesen werden mag. Im einen Falle bildet man gerade aufrechte Hauptstöcke, welche auf beiden Seiten mit kurzen, je zwei fruchttragende Triebe führenden Seitenzweigen besetzt sind. Die letzteren erfahren im Allgemeinen die gleiche Behandlung, welche vorhin für die Horizontal-Aeste angegeben wurde. Im andern Falle giebt man den Hauptaxen eine Neigung von 45° oder noch weniger, während im Uebrigen Alles gleich bleibt.

Auf die Besprechung weiterer Methoden, den Weinstock an Wänden zu ziehen, wollen wir hier verzichten.

Schluss.

Die im vorstehenden Abschnitt mitgetheilten Thatsachen dürften ausreichen, das Verfahren der Baum- und Weinzüchter zu veranschaulichen. Dass es sich hier nur um die Grundzüge desselben handeln konnte, ist selbstverständlich. Die einzelnen Zuchtmethoden sind so verschieden, wie das Wachsthum der Varietät; will man sich über das Einzelne unterrichten, so bietet die oben citirte und sonstige Fachliteratur reichlich Gelegenheit.

An einer theoretischen Behandlung der Baumzucht hat es bisher gefehlt. In dieser Schrift wurde versucht, eine Reihe der wesentlichsten und allen Methoden gemeinsamen Erscheinungen auf ihre nächsten wirkenden Ursachen zurückzuführen. Fortgesetzte Arbeit wird auch hier den Blick allmälig erweitern, und der Praxis selbst zu Gute kommen.

Wie früher erwähnt, hat man den Züchtern häufig vorgeworfen, ihr Verfahren stelle ein unnatürliches Künsteln, ein verfehltes Verbessernwollen der Natur dar. Die im Vorstehenden dargelegten Verhältnisse werden jedoch das Unzutreffende solcher Vorwürfe

gezeigt haben. Um seine Methoden zu würdigen, muss man sich stets die Aufgaben des Züchters vergegenwärtigen. Man frage sich nur einmal, was aus der Weincultur in unsern nördlichen Climaten werden sollte, wenn man den Weinstock seinem natürlichen Wuchs überlassen wollte. — Hat man sich jedoch in die Aufgaben des Züchters hineingedacht, dann wird man auch sein Verfahren als zweckmässig anerkennen.

Die einzelnen Zuchtmethoden zeugen in der Regel von einer tiefen Kenntniss der Wachsthumsverhältnisse der behandelten Objecte. Ist man in vielen Fällen genöthigt, in die Lebensdauer derselben einzugreifen, so gewinnt man dabei doch praktische Vortheile, die nur auf diesem Wege zu erreichen waren.

Und stets ist zu bedenken, dass auch die Natur vielfach in ähnlicher Weise verfährt. Sie neigt und krümmt Zweige und Aeste, sie entfernt die Spitzen derselben und stösst unter Umständen selbst ganze Theile der Pflanze ab. Man vergegenwärtige sich nur das Wachsthum der Trauerbäume und Sträucher. So tritt die Natur selbst dem Züchter als Vorbild und Lehrerin entgegen, und nur dem treuen Beobachten ihres Waltens verdankt er die besten seiner Leistungen.

Anhang.

Die Einwendungen von J. Sachs.

Die von mir im ersten Theile dieser Arbeit niedergelegten Anschauungen über die Ursachen, welche den Anlageort der wichtigsten Organe an isolirten Pflanzentheilen bestimmen, erfuhren durch *J. Sachs*[1]) einen Widerspruch. Die inneren Ursachen, deren Existenz und Bedeutung ich durch zahlreiche Versuche festgestellt hatte, suchte der genannte Autor auf äussere Factoren, das Licht und ganz besonders die Schwerkraft, zurückzuführen. Ausgehend von seiner Hypothese der specifischen Substanzen, sprach er die Ansicht aus, dass die fraglichen inneren Ursachen lediglich Nachwirkungs-Erscheinungen jener äusseren Kräfte seien. Und zwar nahm er an, dass die letzteren auf die verschiedenen Organe am Pflanzenkörper während ihrer Entwickelung derart einwirkten, dass die Reproductions-Vorgänge, welche nach der Trennung der Organe stattfinden, eine nothwendige Folge jenes Einflusses seien. „Dass die während der ganzen Wachsthumszeit eines aufrechten Stengels oder einer verticalen Wurzel immerfort stattfindende Einwirkung der Schwere (und des Lichtes) sich mehr und mehr steigert, tritt dann eben in der von *Vöchting* constatirten Thatsache hervor, dass bei der Regeneration am abgeschnittenen Stück die Vertheilung der neuen Wurzeln und Knospen weit mehr von der vorausgegangenen, als von der zur Zeit der Regeneration stattfindenden Einwirkung der Schwere abhängt“ (l. c. S. 475 oben).

Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu erweisen, wäre es, meint der Autor, am einfachsten, die von mir besonders benutzten Pflanzen am Klinostat monatelang wachsen zu lassen, und die an diesem neu

---

[1]) *J. Sachs.* Stoff und Form der Pflanzenorgane. — Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Bd. II. S. 469 ff. Das betreffende Heft erschien im Frühjahr 1880.

erzeugten Organe zum Versuch zu benutzen. Solche Stücke würden den polaren Gegensatz wahrscheinlich nicht mehr aufweisen: „wäre dagegen, wie ich vermuthe, ein abgeschnittenes Stück eines am Klinostaten gewachsenen Sprosses so beschaffen, dass es ebenso in aufrechter wie in umgekehrter Lage neue Wurzeln unten, neue Knospen oben regenerirt, dann wäre meine Ansicht direct bewiesen." (l. c. S. 475, Z. 28 u. flgd.) Leider konnte dieser Versuch nicht ausgeführt werden, dafür griff der Autor zu anderen Objecten, den Yucca-Rhizomen. „Daher versuchte ich, wie oben bemerkt, die Frage in andrer Art zur Entscheidung zu bringen. Es kam offenbar darauf an, an senkrecht abwärts wachsenden Sprossen *Vöchting*'s Meinung zu prüfen. Wenn solche bei der Regeneration ihre neuen Knospen am basalen, früher oberen Ende, ihre neuen Wurzeln am apicalen, früher unteren Ende erzeugen, so ist *Vöchting*'s Ansicht wenigstens für diese Fälle widerlegt, und für meine Ansicht eine Stütze gewonnen, dass es sich bei der Regeneration nicht um die morphologische Differenz von Spitze und Basis und von Spross und Wurzel" — was ich (*V.*), nebenher bemerkt, gar nicht behauptet hatte, — „sondern einfach darum handelt, welches Ende des regenerationsfähigen Stückes an der Mutterpflanze nach oben oder nach unten gekehrt war." (l. c. S. 475 unten und 476 oben).

Die eben angeführten Stellen, denen sich leicht noch weitere beifügen liessen, schlossen jeden Zweifel bezüglich der Meinung des Autors aus. Nach ihm waren die bei der Reproduction thätigen inneren Ursachen lediglich Nachwirkungen der genannten äusseren Factoren.

Bald nach dem Erscheinen der Abhandlung von *Sachs* gab ich eine Erwiderung[1]) auf den meine Untersuchungen betreffenden Theil derselben. Ich zeigte auf Grund einiger, schon früher von mir ausgeführter Versuche, dass die von *Sachs* geäusserte Ansicht nicht haltbar sei. Zweige von Trauerbäumen, welche in verkehrter Richtung gewachsen sind, verhalten sich bei der Regeneration wie Zweige der normalen aufrechten Form; und ein entsprechendes Resultat erhält man, wenn man an Trauerbäumen Ringelschnitte ausführt. Durch einen einfachen Versuch that ich ferner dar, dass der Autor die Ergebnisse seiner eigenen Versuche mit abgeschnittenen Yucca-Rhizomen unrichtig gedeutet hatte, und dass dieselben nicht gegen, sondern vielmehr für meine Ansicht sprachen. — Im Anschluss hieran unterzog ich ferner

[1]) Botanische Zeitung. Herausgegeben von *de Bary*. Leipzig, 1880. S. 593 ff.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

die hypothetische Annahme von zwei Strömen specifischer Substanzen, der spross- und wurzelbildenden, einer näheren Betrachtung, und zeigte, dass dieselbe in der von ihrem Autor vorgetragenen Form mit den Thatsachen nicht in Einklang stehe.

Auf meine in streng sachlicher Form gehaltene Darlegung erfolgte im Frühjahr 1882 eine Entgegnung von *Sachs*[1]), die in sehr gereiztem Tone geschrieben war, und verschiedene persönliche Ausfälle gegen mich enthielt, deren Tendenz ohne Weiteres einleuchtet. Indem ich mich jeder Antwort auf die letzteren enthalte, überlasse ich dieselben dem Urtheile der Leser, und beschäftige mich heute wie früher ausschliesslich mit der Sache.

Zu meiner Befriedigung constatire ich zunächst, dass *Sachs* jetzt die Existenz der inneren Ursachen anerkennt (s. bes. S. 695 oben). Ja, er giebt dieselbe jetzt nicht nur zu, sondern will sie sogar schon in seinem ersten Aufsatze behauptet haben; wenn ich den Inhalt desselben anders aufgefasst habe, so sei dies lediglich ein Missverständniss. Ich bin jedoch ausser Stande, in dem angezogenen langen Citat (l. c. S. 693 u. 694) eine Bestätigung dieser Behauptung zu finden; wohl aber geben die oben wörtlich angeführten Stellen neben vielen andern eine so bestimmte, durchaus eindeutige Darstellung der damaligen Meinung des Autors, dass jedes Missverständniss darüber ausgeschlossen ist. Jene Stellen verlieren jeglichen Sinn, wenn man sie anders auffassen will, als ich es gethan habe. — Auch kann ich zu meiner Genugthuung beifügen, dass *F. Darwin*, *Pfeffer* und Andere die Darlegungen von *Sachs* ebenso verstanden haben, wie ich.

Kann sonach in diesem Punkte kein Zweifel sein, so ist es auf der andern Seite leicht, zu zeigen, wie verschieden die in dem ersten Aufsatze von *Sachs* vorgetragenen Ansichten von denjenigen sind, welche er in seinem zweiten entwickelt. Zwei Beispiele mögen dies zeigen.

In der ersten Abhandlung heisst es (s. oben): „Es kam offenbar darauf an, an senkrecht abwärts wachsenden Sprossen *Vöchting*'s Meinung zu prüfen. Wenn solche bei der Regeneration ihre neuen Knospen am basalen, früher oberen Ende, ihre neuen Wurzeln am apicalen, früher unteren Ende erzeugen, so ist *Vöchting*'s Ansicht wenigstens für diese Fälle widerlegt" u. s. w. Dieser Forderung sollten nun die Yucca-Rhizome entsprechen. Nachdem ich aber gezeigt, dass *Sachs* seine Versuche mit diesen Objecten falsch gedeutet hatte, und dass mit den Zweigen der Trauerweiden der directe Beweis gegen

---

[1]) *J. Sachs.* Stoff und Form der Pflanzenorgane. II. — Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Bd. II. S. 689 ff.

die Richtigkeit seiner Schlüsse zu erbringen sei; heisst es in dem zweiten Aufsatze (S. 697 u. 698 oben), dass mit derartigen Versuchen überhaupt nichts zu beweisen sei. — Dass damit der Autor über seine eigene frühere Beweisführung den Stab bricht, fügt er leider nicht hinzu.

Weiter. In seinem ersten Aufsatze vermuthet *Sachs*, dass am Klinostat gewachsene Sprosse den polaren Gegensatz bei der Regeneration nicht aufweisen würden (s. das oben gegebene Citat). In der zweiten Abhandlung (S. 695 oben) versteht es sich von selbst, dass auch bei der Drehung am Klinostat aus inneren Gründen die specifischen Substanzen nach der Wurzel hin fliessen, ein Umstand, der nothwendiger Weise bei der Durchschneidung die Bildung von Wurzeln an der Sprossbasis zur Folge hat.

Diese Angaben, welche keines Commentar's bedürfen, werden ausreichen, meine obigen Behauptungen zu rechtfertigen.

Ich könnte damit diese Bemerkungen schliessen, wenn sich nicht in der zweiten Abhandlung von *Sachs* einige auffallende Missverständnisse der von mir entwickelten Anschauungen fänden. Im Interesse der Sache glaube ich auf diese Irrthümer kurz hinweisen zu sollen.

Wie in seinem ersten, so stellt der Autor auch in seinem zweiten Aufsatze die wunderliche Forderung an mich, ich solle durch Spitze und Basis erklären, warum am Blatt Wurzeln und Knospen an der Basis entstehen (s. S. 695). Schon in meiner ersten Antwort habe ich ihn darauf aufmerksam gemacht, dass er meine Darstellung unrichtig aufgefasst habe; dies muss ich heute auf das Nachdrücklichste wiederholen, ja ich kann behaupten, dass ein grösseres Missverständniss meiner Ansichten gar nicht möglich ist, als das jener Forderung zu Grunde liegende. Um derartigen Irrthümern vorzubeugen, will ich meinen Standpunkt hier noch einmal so kurz als möglich darlegen.

Ich stellte mir die Aufgabe, nachzuweisen, welche Ursachen den Ort der Anlage von Wurzeln und Sprossen an isolirten Pflanzentheilen bestimmen. Die Untersuchung ergab, dass dies in erster Linie stets durch innere Ursachen, sodann durch äussere Kräfte, wie die Schwere, das Licht u. s. w. geschieht. Am normal gewachsenen Zweige geht die Wirkung der inneren Ursache im Allgemeinen dahin, dass Sprosse an der morphologischen Spitze, Wurzeln an der Basis entstehen bez. sich ausbilden; an der entsprechenden Wurzel äussert sich die Wirkung des inneren Factors in der Art, dass neue Wurzeln an der Spitze, Sprosse an der Basis angelegt werden bez. sich entwickeln; am Blatt endlich entstehen die beiderlei Organe auf Grund innerer Ursachen an der morphologischen Basis. — Dies die allgemeine Regel, an deren Gültigkeit einzeln vorkommende Ausnahmen nichts ändern.

Worin die inneren Ursachen bestehen, ist zur Zeit unbekannt. Den Sitz derselben suchte ich in der Wachsthumsweise der Organe; vor Allem legte ich Nachdruck darauf, ob dieselben ein begrenztes oder unbegrenztes Wachsthum besitzen. Der Grund des letzteren selbst beruhte nach meiner Ansicht auf dem cellularen Aufbau, auf der gesammten inneren Structur der Organe. Es ist sonach die Configuration der sämmtlichen, die letzteren zusammensetzenden Elemente, die Gesammtheit aller Wechselbeziehungen zwischen diesen, welche hauptsächlich den Ort der Neuanlagen bestimmen. Beim Blatt mit begrenztem Wachsthum ist nun der innere Bau derart, dass an demselben die beiderlei Organe an der Basis, bei Spross und Wurzel mit unbegrenztem Wachsthum so, dass sie an den beiden Enden, an Spitze und Basis entstehen. Wie man sich nun die innere Structur der verschiedenen Gebilde denken will, bleibt jedem Einzelnen anheimgestellt; Feind aller voreiligen Hypothesen, habe ich darüber jede Meinungsäusserung unterlassen.

Der Kern der Sache also, um dies noch einmal hervorzuheben, besteht darin, dass jedes der Untersuchung unterworfene Organ, welcher Art es auch immer sei, innere Bedingungen mitbringt, welche in erster Linie für den Ort der Neubildungen maassgebend sind. Erst auf den so ausgerüsteten Körper wirken die äusseren Factoren mitbestimmend ein.

Das eben Angedeutete hatte ich in meiner Arbeit (Organbildung I, S. 105 ff. u. a. a. O.) ausführlich entwickelt. Dass der Wortlaut meiner Darstellung keine Veranlassung zu Missverständnissen giebt, geht aus dem Umstande hervor, dass andere Autoren, z. B. *Pfeffer*, den, Sinn derselben durchaus richtig aufgefasst haben.

Dass nun *Sachs* bei seinen Experimenten immer wieder bemerkt sie stehen mit meinen Angaben im Widerspruch, versteht sich bei den irrigen Vorstellungen, welche er sich über meine Anschauungen gebildet hat, von selbst. In Wirklichkeit aber hat er noch nicht einen einzigen, meinen Ansichten widersprechenden Versuch ausgeführt, vielmehr lediglich Bestätigungen derselben geliefert. Gesetzt aber, es fänden wirklich hier und da Ausnahmen von der allgemeinen Regel statt, würde diese dadurch etwa einen Abbruch erleiden? Werden die von *Sachs* und *Schwendener* aufgestellten Regeln der Zelltheilung etwa dadurch aufgehoben, dass sich ihnen manche Fälle — und die Zahl der letzteren ist nicht gering — nicht fügen?

In allen seinen Versuchen hat der Autor die Existenz der inneren Ursachen bestätigen müssen; wie und ob sie mehr oder minder wirksam waren, ob man sie beeinflussen, ja selbst durch äussere Mittel aufheben kann, ist ein dabei ganz gleichgültiger Umstand.

Ein weiteres sonderbares Missverständniss findet sich gleich am Eingang der zweiten Abhandlung von *Sachs*. Es wird dort (S. 689) gesagt, ich nehme „neben den gewöhnlichen Kräften der Materie auch noch geheimnissvolle (sic) andere, sogenannte morphologische Kräfte in Anspruch." Dieser sinnentstellenden Aeusserung gegenüber verweise ich auf den Wortlaut meines Textes (Organbildung I, S. 5—11). Hier nur ganz Weniges daraus.

Nachdem ich die Bedeutung der erblichen Erscheinungen ganz allgemein besprochen und auf S. 6 betont hatte, dass ich das Wort „Kraft" nicht in dem strengen Sinne der Mechanik, sondern in der oft angewendeten weiteren Fassung gebrauche, dass es hier genau genommen nichts als eine Wachsthumsbedingung bezeichne, äusserte ich mich in folgender Art. „Wir wollen die Gesammtheit der in der Zelle thätigen Kräfte, soweit sie in dem molecularen Aufbau derselben begründet sind, als innere im Gegensatz zu den alsbald zu besprechenden äusseren bezeichnen; unter den ersteren sollen diejenigen, welche gestaltbedingend auftreten, speciell als morphologische unterschieden werden. — Aus dieser Eintheilung erhellt, dass wir die erblichen Erscheinungen nicht, wie dies häufig geschieht, als principiell verschieden von den physikalisch bekannten betrachten. Zu einer derartigen Sonderung liegt in der That gar kein Grund vor. Beide, die physikalisch bekannten wie die erblichen Erscheinungen beruhen auf demselben Grunde, dem molecularen Aufbau der Zelle, zu dessen näherem Studium zur Zeit kaum die ersten Schritte gethan sind." Wäre uns nun dieser Aufbau in allen seinen Einzelheiten bekannt, so würden sich daraus sowohl die physikalisch bekannten als die erblichen Erscheinungen ergeben. „Die morphologische Gestalt wäre dann physiko-chemisch (im weitesten Sinne) erklärt; die erblichen Erscheinungen dann nichts als physikalische, aller Unterschied zwischen beiden völlig verwischt. Nach einigen Bemerkungen über die Physik fuhr ich dann fort: „Derselbe Grundsatz gilt auch für die Forschung des Physiologen. — Welcher Art jene unbekannten inneren Kräfte des pflanzlichen Organismus auch immer sein mögen; ob es einst gelingen wird, sie als Resultirende aus mehr oder minder verwickelten Combinationen der schon jetzt bekannten Grundkräfte darzustellen, oder ob sie als eigne Formen neben jenen figuriren werden: dies mag von geringerer Bedeutung sein, wenn nur das Eine festgehalten wird, dass das Princip von der Erhaltung der Energie für sie eben so gut gelten muss, wie für jene. Hierauf allein

kommt Alles an;" u. s. w. „Stets ist daran zu denken, dass alles Wachsthum in letzter Instanz auf Bewegung der kleinsten Massetheilchen zurückzuführen ist. Jede Bewegung aber, wie verwickelt auch das sie verursachende Kräftesystem immer sein möge, muss am Ende in einen mechanischen Ausdruck gefasst werden können. — In Wahrheit unterscheiden sich demnach die besprochenen beiden Gruppen innerer Kräfte nur dadurch, dass die eine bekannt, die andere unbekannt ist; ein Unterschied, der aber, was kaum noch der Erwähnung bedarf, kein principieller, sondern nur ein temporärer ist, und dessen Grenzen durch jede neue Untersuchung verschoben werden können."

Mit diesen Vorstellungen glaube ich auf dem Boden der Grundanschauungen zu stehen, welche der neueren Physiologie durch die Arbeiten der *J. R. Mayer*, *Helmholtz* u. A. gegeben sind. — Und ganz in Uebereinstimmung mit meinen Vorstellungen steht folgender Ausspruch von *Nägeli* und *Schwendener*[1]): „Die Erscheinungen, welche ein organisches Gebilde überhaupt darbietet, lassen sich auf drei verschiedene Kategorien von Ursachen zurückführen: auf morphologische, deren Wesen wir nicht kennen, auf physiologische, welche auf bestimmten Ernährungsfunctionen beruhen, und auf mechanische, welche nach Richtung und relativer Grösse bekannt und somit für mathematische Folgerungen verwerthbar sind."

Soviel darüber.

Bei Gelegenheit der Besprechung der *Sachs*'schen Hypothese der specifischen Substanzen hatte ich beiläufig darauf hingewiesen[2]), dass dieselbe in gewissen Punkten mit der *Darwin*'schen Pangenesis übereinstimme. Beide beruhen auf derselben allgemeinen Anschauung, dass alle morphologischen Eigenthümlichkeiten auf lediglich materiellen Bedingungen beruhen. Auch sonst zeigen die beiden Hypothesen manche Uebereinstimmungen, während sie in andern Punkten von einander abweichen. Der letztere Umstand war in meinem Aufsatze bestimmt betont. „Es ist nicht nothwendig", sagte ich, „hier auf das Uebereinstimmende und Abweichende der beiden Anschauungen näher einzugehen," und hob dann nur zwei unterscheidende Punkte hervor. Trotz dieses klaren Wortlautes gelangt *Sachs* zu dem Schluss, ich habe seine Anschauungen mit denen von *Darwin* verwechselt. Die Art, wie der Autor zu diesem Schluss gelangt, wie er sich meinen Text zurechtlegt, wolle man in seinem Original nachsehen; ich selbst

---

[1]) *Nägeli* und *Schwendener*. Das Mikroskop. 2. Aufl. Leipzig 1877. S. 610.

[2]) Botanische Zeitung von 1880, S. 609.

habe kein Interesse daran, hier näher auf die Sache einzugehen. — Bemerkt sei nur, dass Andere den Gegenstand in gleichem Sinne mit mir aufgefasst haben, so besonders *Pfeffer*[1]), dessen treffenden Bemerkungen ich in allen Punkten beipflichte, und auf den ich statt alles Weiteren verweise.

Die Aeusserungen von *Sachs* über die Pangenesis wolle man mit *Darwin*'s Original oder, wenn dies nicht gleich zur Hand, mit der kurzen und vorzüglichen Wiedergabe *Hensens*[2]) vergleichen, für welchen die Pangenesis darstellt „eine Molecularhypothese so rein erdachter Gestalt und so einfacher Form, wie es die Verhältnisse irgend zuzulassen schienen."

Indem ich bezüglich aller weiteren Einwendungen von *Sachs* um die Vergleichung mit dem Text meiner eigenen Arbeiten ersuche, stelle ich die sämmtlichen Angriffe dieses Autors getrost dem Urtheile der Leser anheim.

---

[1]) *W. Pfeffer.* Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1881. II. Bd. S. 174 ff.

[2]) *V. Hensen.* Physiologie der Zeugung. Leipzig, 1881. S. 216 ff. — Handbuch der Physiologie, herausgegeben von L. Hermann. Bd. VI, 2. Th.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Fig. 1. Ein zweijähriger Zweig von Ulmus campestris L. mit seinen einjährigen Seitengliedern. Das apicale der letzteren fällt fast in die gerade Verlängerung der Mutteraxe, die folgenden bilden Winkel mit allmälig zunehmender Grösse. Die basalen Theile der mittleren und unteren Seitenzweige führen Blüthenstände. — Die Figur stellt eine möglichst getreue Copie eines kräftigen, nahezu aufrecht gewachsenen Zweigsystemes dar; besonders auf eine genaue Wiedergabe der Winkel wurde geachtet.

„ 2. Sophora japonica L. var. pendula. Habitusbild. Der Deutlichkeit halber sind die vorderen und hinteren Aeste mit ihren Verzweigungen weggelassen. Von der Veredlungsstelle aus gehen die meist kurzen und gebogenen, einander aufgesetzten Aststücke, deren jüngere die letzten noch herabhängenden Zweigsysteme tragen. Die aufeinander folgenden Aststücke selbst haben oft einen eigenthümlichen, vor- und rückwärts gerichteten, manchmal zickzackförmigen Verlauf, so in der Figur das aufsteigende System rechts von der Mitte und links das fast horizontal verlaufende untere. — Die Zeichnung wurde im Frühjahr vor der Knospenentfaltung ausgeführt.

Tafel II.

„ 1. Verzweigungssystem der Birne, Pirus communis L. f. cult. Der vorigjährige Zweig führt nur einen längeren, den Terminaltrieb; die auf diesen folgenden Bildungen sind echte Kurzzweige, an welche sich im basalen Theile ruhende Knospen schliessen.

„ 2. Verzweigungssystem von Berberis vulgaris L. Die einst aufrechte Hauptaxe ist in weitem Bogen gekrümmt, ihr basaler aufrechter Theil weggelassen. Nach der Krümmung sind auf der Oberseite des unteren und mittleren Theiles des Bogens mehrere kräftige aufrechte Zweige a, a, a, entsprungen, die sich an ihren Spitzen wieder verzweigt haben. Weiter sind in Folge der Horizontallage auf den Oberseiten der apicalen Seitensprosse an der Mutteraxe verhältnissmässig kräftige Triebe nachträglich entstanden, b, b, b. In einem

solchen System ist die Wirkung der Schwerkraft unschwer wahrzunehmen.

Fig. 3. Behandlung des Weinstockes durch die Züchter von Caub (nach Metzger). Man lässt dem Stock einen oder zwei Schenkel, die in horizontaler Richtung an Stäben befestigt werden. An diesen bleibt je eine Bogrebe, die in starkem Bogen zurückgekrümmt, und so angebunden wird. An dem unteren Theile der Schenkel bildet man Zapfen zur Nachzucht neuer Schenkel. — Im Laufe des Sommers entstehen die stärksten Triebe an den basalen, gekrümmten Theilen der Bogreben; sie entwickeln sich in aufrechter Stellung, und dienen im nächsten Frühjahr zur Ergänzung der in Wegfall kommenden alten Bogreben.

„ 4 u. 5. Behandlung des Weinstockes in Gâtinais (nach du Breuil). Fig. 4 stellt den eigenthümlichen älteren, hutpilzförmigen Stock nach dem Frühjahrsschnitt dar, derselbe führt nur kurze Zapfen. Aus diesen gehen im Sommer die jungen Triebe hervor, von denen man eine grössere oder geringere Zahl wachsen lässt, die später durch ein um ihre oberen Theile gelegtes Band am Fallen verhindert werden. — Dieses Verfahren ist ein rohes und primitives, macht aber alle Stangen entbehrlich.

„ 6. Verfahren der Züchter von Bordelais, Gascogne etc. (nach du Breuil). Vom Hauptstamme des Stockes gehen zwei Sckenkel aus, denen man je eine Bogrebe und weiter unten einen kurzen Zapfen lässt. Die erstere wird gleich in ihrem basalen Theile abwärts gekrümmt. In Folge dessen entstehen an ihrer Basis ein oder mehrere lange Triebe, die im nächsten Frühjahr als Ersatz für die alte Bogrebe dienen. — Die Figur ist sehr schematisch gehalten, deutet aber das Wachsthum des Stockes bei der fraglichen Behandlung im Allgemeinen richtig an.

„ 7. Schnittmethode im Rheingau (nach Metzger). Je drei Stöcke stehen zusammen, von denen einer, der jedesmal schwächste, keine Bogrebe führt. Der einzelne Stock besteht aus einem niedrigen, aufrechten oder mässig geneigten Schenkel, dem man an der Spitze eine Bogrebe und unterhalb derselben kurze Zapfen lässt; der schwächere Stock erhält nur Zapfen. Die Bogreben werden in Wirklichkeit meistens stärker und mehr im basalen Theile gekrümmt, als die Figur es andeutet. Folge davon ist die stets sichere Erneuerung der Bogrebe von der Basis aus. — Nach dem beschriebenen Verfahren werden die Stöcke gezogen, welche die besten und edelsten Weine des Rheinthales liefern.

„ 8 u. 9. Zweigstücke der Birne mit partiellen Ringelschnitten. In Fig. 8 ist der Schnitt unter, in Fig. 9 über der Knospe angebracht. Im ersteren Falle wird das Wachsthum der Knospe gehemmt, im zweiten gefördert.

Tafel III.

Fig. 1 u. 2. Zweigsysteme des Birnbaumes (nach Rivers). Fig. 2 von einem Baume, dessen Wurzeln stark beschnitten wurden; der Hauptzweig ist fast ausschliesslich mit Kurzzweigen bez. Blüthenknospen bedeckt. Fig. 1 stammt von einer Seite des Baumes, unter welcher eine kräftige Wurzel unverletzt blieb; daher die entstandenen übrigens noch schwachen Langzweige.

„ 3. Wurzelsystem von Acer Pseudo-Platanus L. Die Mutterwurzel und zwei kleinere Seitenwurzeln wurden zurückgeschnitten und dann wieder mit Erde bedeckt. Es fand nun die in der Figur angedeutete Reproduction statt; a, a die im Wachsthum voraneilenden Wurzeln.

„ 4. Von Müller und Lebl angewandtes Verfahren, die Bogrebe am Weinstock zu biegen (nach den Genannten). Die in Folge dessen stattfindende Entwickelung der jungen Sprosse ist schematisch, aber im Allgemeinen richtig dargestellt. Der stärkste Trieb entsteht an der Basis, dem weitere auf dem geraden basalen Theile in der Entwickelung folgen; auch der Apicaltrieb erfährt ein beträchtliches Wachsthum; die auf ihn folgenden dagegen bleiben meistens zurück. Im nächsten Frühling wird die ganze Bogrebe mit ihren Producten bis auf den langen Basaltrieb entfernt, der nun die neue Bogrebe liefert.

„ 5. Ein Langzweig der Birne, in gekrümmter Lage befestigt. Während die Apicaltriebe nur geringes Wachsthum erfuhren, entwickelten sich auf der Krümmung aus dort vorhandenen kurzen Zweigen zwei kräftige Langzweige. Unter einem derselben sind schon einige Kurzzweige entstanden.

„ 6. Junge Pyramide eines Birnbaumes ohne das Gerüst (nach Hardy). Die Hauptaxe besteht aus vier Sympodien, deren Aufeinanderfolge aus der Figur ersichtlich ist. Wenn die Schnitte gut geführt worden sind, so verwachsen die Wunden im Laufe der Zeit vollständig, und die Axe erscheint dann ganz gerade. Die nun auszuführenden Schnitte sind durch kurze Linien an den Zweigen angedeutet.

„ 7. Anlage einer Spalierform des Birnbaumes, der Palmette (nach Hardy). S. Fig. 6 auf folgender Tafel.

„ 8. Weinstock mit einer Bogrebe (nach Müller und Lebl). Die Figur deutet das von den beiden Autoren mit Recht getadelte, aber leider noch vielfach gebräuchliche Verfahren an, die Rebe erst in ihrem mittleren Theile zu biegen, und ihr ein basales aufrechtes Stück zu lassen. Der stärkste Trieb entsteht nun auf der Krümmung, und da dieser zu hoch gelegen ist, um ihn als Ersatz benutzen zu können, so muss man zu tiefer gelegenen greifen, woraus sich ein Nachtheil ergiebt. Auch diese Figur, wenngleich schematisch gehalten, deutet die Vertheilung der Sprosse richtig an.

Fig. 9 u. 10. Copien nach den etwas rohen Holzschnitten von de la Quintinye. Fig 9 ein noch junger Baum nach dem ersten Schnitt, zum Spalier bestimmt; Fig. 10 ein etwas älterer nach dem dritten Schnitt. Der Vergleich der beiden Figuren lehrt das unvollkommene Verfahren jener Zeit zur Genüge.

Tafel IV.

„ 1. Ein junger, aus dem Edelreis erwachsener Pfirsichbaum; der erste Schnitt findet bei a b statt.

„ 2. Die beiden nach dem Schnitt aus den Apicalknospen hervorgegangenen Triebe, die wieder bei a b zurückgeschnitten werden.

„ 3. Eine ältere Seitenaxe mit ihren oberen und unteren, stärkeren und schwächeren Verzweigungen. Das Biegen der stärkeren Zweige, sowie das Zurückschneiden der verschiedenen Zweigformen auf die basalen vegetativen Knospen wurden im Texte erörtert.

„ 5. Fortsetzung zu Fig. 1 u. 2. Nach dem zweiten Schnitt ist die Verlängerung der beiden Hauptaxen und an jeder ein unterer Seitenast gebildet. Die diesmaligen Schnitte erfolgen bei a b und c.

„ 4. Der eine Flügel eines Baumes, dessen sämmtliche Glieder hergestellt worden. Die Mutteraxe führt drei untere und drei obere Hauptglieder, die mit zahlreichen fruchttragenden Seitengliedern besetzt sind. Die Zeichnung, halb schematisch, ist nach dem letzten, dem 11. Schnitt ausgeführt. Die Zahlen 1—11 an der Mutteraxe zeigen die Orte an, an denen die successiven Schnitte geführt wurden. Die gleiche Bedeutung haben die Zahlen an den unteren und oberen Seitengliedern, doch beginnen bei den letzteren, da ihre Bildung erst nach Herstellung der unteren stattfand, die Zahlen erst mit dem 6. Schnitt (auf die Hauptaxe bezogen). An dem dem Centrum des Baumes nächsten Gliede der Oberseite, E, ist noch ein secundärer Seitenast, F, gebildet.

Die sämmtlichen Figuren, 1—5, sind der Schrift Lepère's entnommen; 1, 2, 4 und 5 etwa um die Hälfte verkleinert, 3 in der von dem genannten Autor gegebenen Grösse.

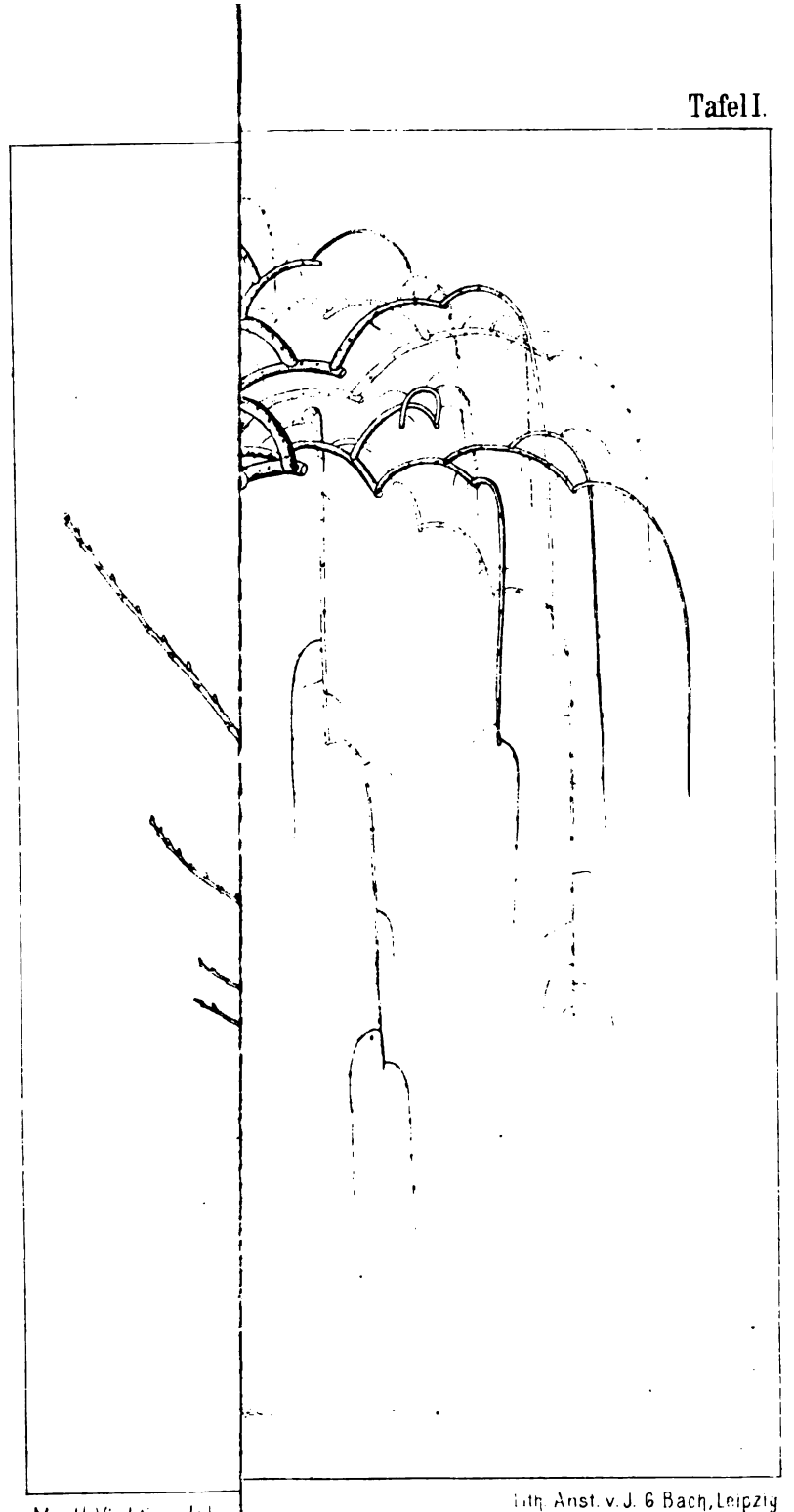
„ 6. Birnbaum in Spalierform, einfache Palmette (nach Hardy), halbschematisch. Wie dieselbe angelegt wurde, zeigt Fig. 7 auf Taf. III nebst der Abbildung des fertigen Zustandes. Die Hauptaxe besteht aus Sympodien. Durch jeden Schnitt wird ein Stück der Hauptaxe und ein Seitenglieder-Paar gebildet; die letzteren stehen je rechts und links auf etwa gleicher Höhe. Die Seitenäste erhalten anfangs (Fig. 7, Taf. III) mehr aufrechte Stellung; erst später, wenn sie sich gekräftigt haben, werden sie in die annähernd horizontale Lage gebracht. In den späteren Altersstadien sind weitaus vorwiegend die

Oberseiten der horizontalen Aeste mit Seitenzweigen und -Sprossen besetzt, was in der sonst richtigen Figur nicht angedeutet ist.

Fig. 7. Behandlung des Weinstockes nach Hooibrenk (die Figur nach dem letzteren). An dem niedrigen Stock werden zwei oder, unter anderen Umständen, eine Rebe gelassen. Diese biegt man unmittelbar an der Basis, und befestigt sie ihrer ganzen übrigen Länge nach in gerader Richtung; die ihnen gegebene Lage deutet die Figur an. Folge dieses Verfahrens ist die Bildung der längsten Sprosse an der Basis der Rebe, und eine gesteigerte Fruchtbarkeit der an den übrigen Theilen entstehenden Triebe.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

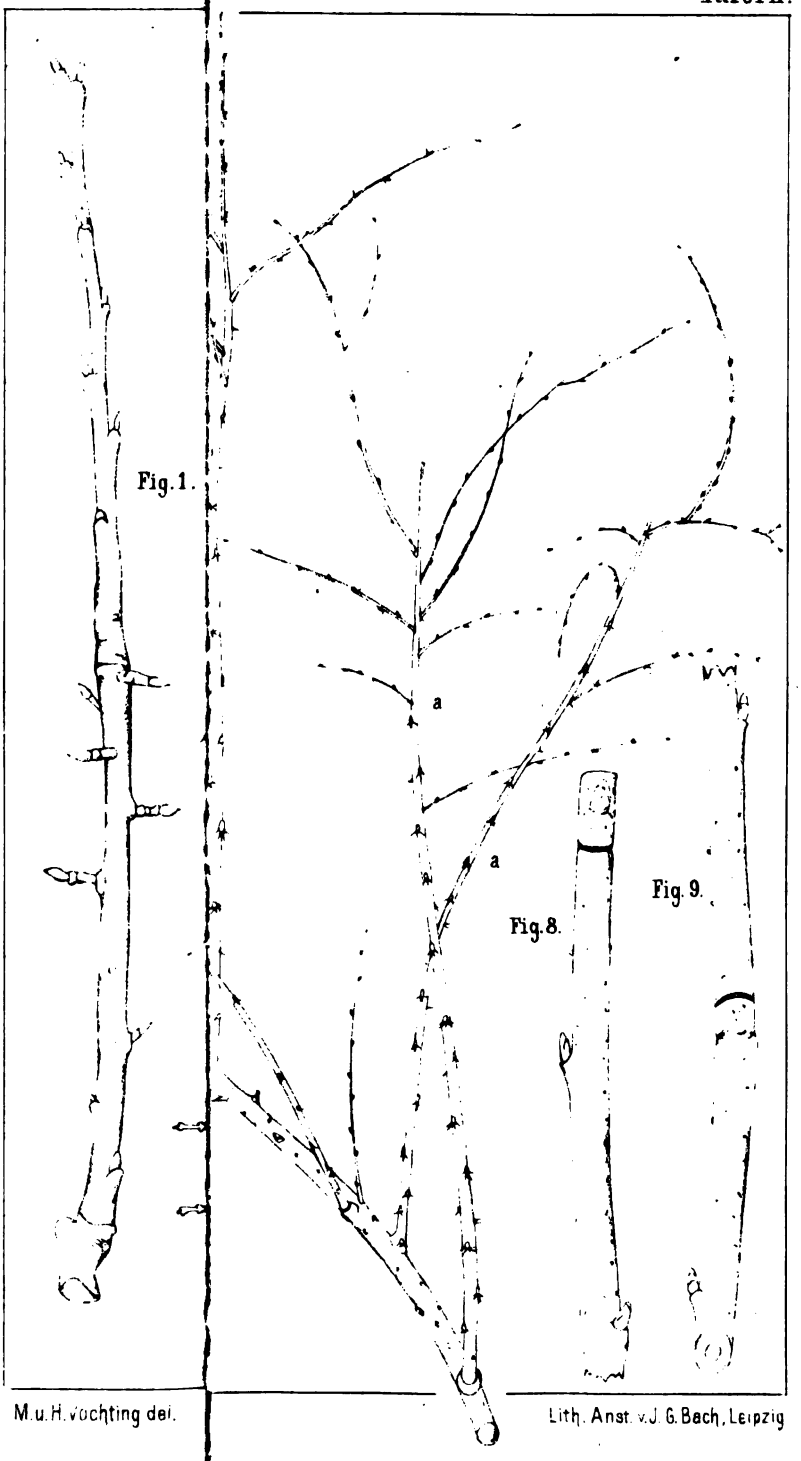
Tafel I.



M. u. H. Vöchting del.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.

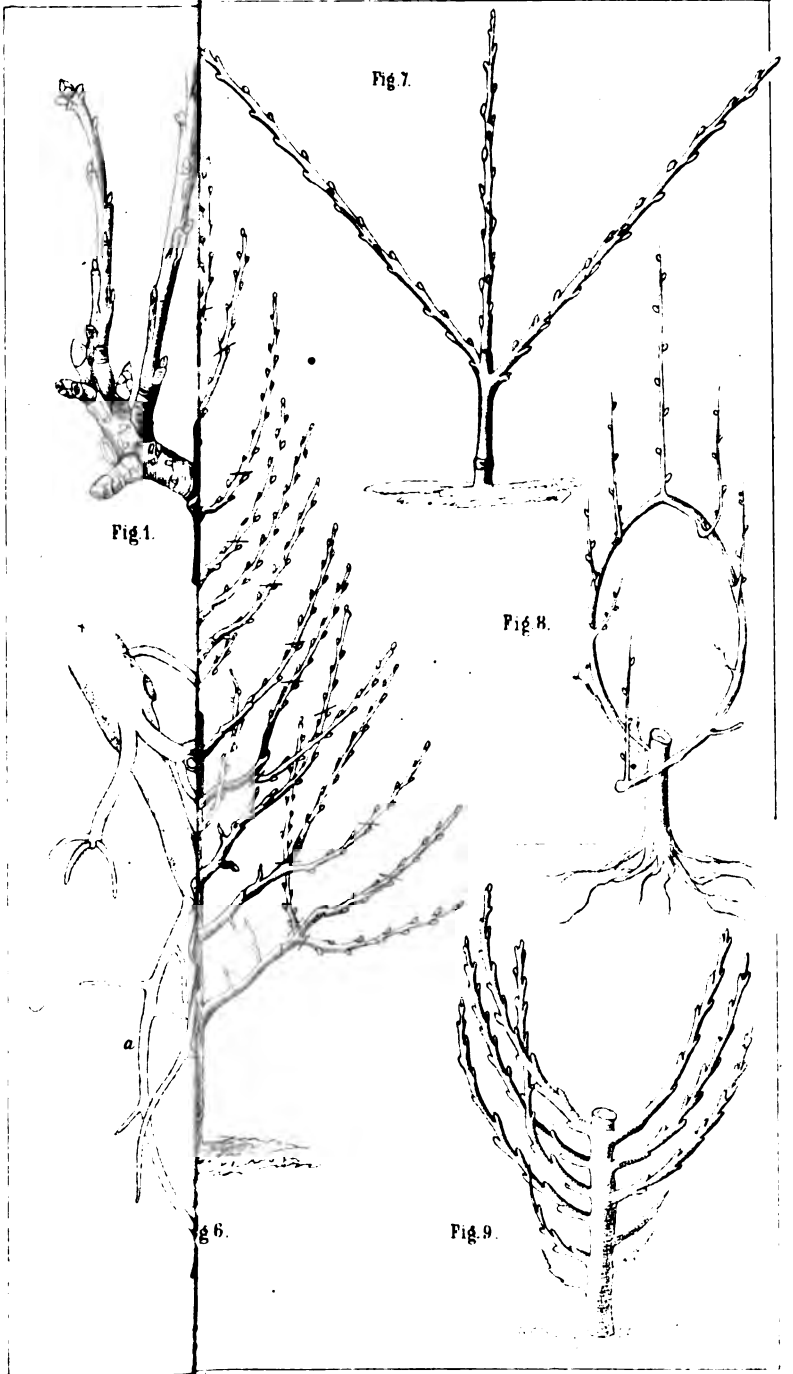


M. u. H. Vöchting del.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.

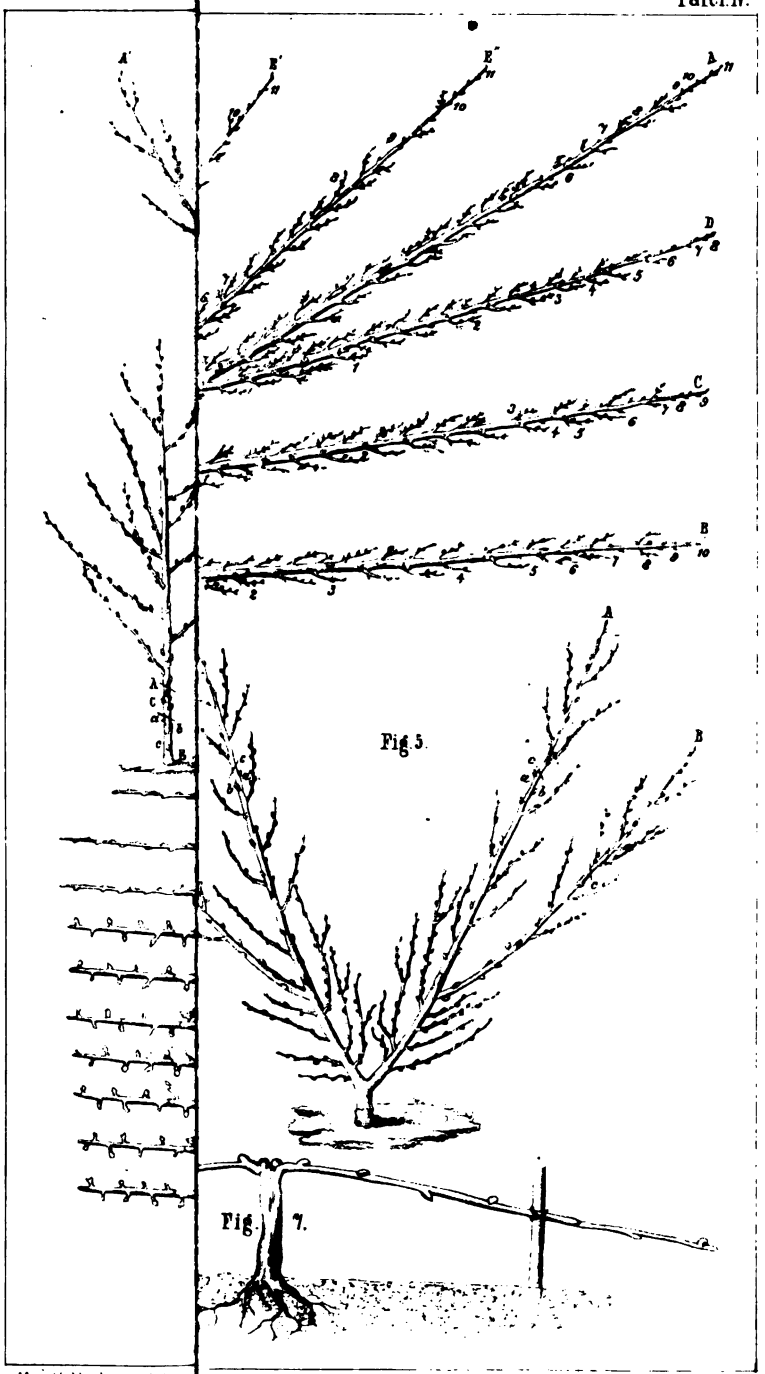
Tafel III.



M. u. H. Vochting del.

Lith. Anst. v. J. H. Bach, Leipzig

REESE LIBRARY
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



M. u. H. Vochting del.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA